



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	聴覚誘発電位に対する純音および帯域雑音の影響 : 刺激音の周波数特異性を中心として
Author(s)	田中, 豪一; 三宅, 晋司; 新岡, 正 他
Citation	環境科学 : 北海道大学大学院環境科学研究科紀要, 4(1), 1-12
Issue Date	1981-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/37112
Type	departmental bulletin paper
File Information	4(1)_1-12.pdf



聴覚誘発電位に対する純音および帯域雑音の影響

—— 刺激音の周波数特異性を中心として ——

田中 豪一 三宅 晋司

新岡 正 斎藤 和雄

北海道大学大学院環境科学研究科環境医学講座

Effects of the Exposure to Pure Tone and Band Noise on Auditory Evoked Potential (AEP)

Goichi Tanaka, Shinji Miyake, Tadashi Niioka
and Kazuo Saito

Department of Environmental Medicine, Division of Social Environment, Graduate
School of Environmental Science, Hokkaido University, Sapporo Japan, 060

I. 緒 言

聴覚誘発電位 (Auditory Evoked Potential; AEP) は、聴覚刺激によって誘発される聴覚神経系の電気生理学的反応で、頭皮上から導出記録される $10 \mu\text{V}$ 程度の微少な電位変動である。また、AEP は一連の多数の波の成分 (component) から成るが、刺激開始後約 100 m sec 後に負の頂点を示す N_1 成分、および N_1 成分以降に生ずる後期成分 (late component) は、聴覚神経系における最も高次の情報処理過程を反映すると考えられている^{1,2)}。 N_1 および N_1 の後に生起する正の頂点 P_2 成分は刺激の変化時に生ずる瞬間的な反応 (transient response) であるところから、その機能は、刺激変化に応答し後続の聴覚情報の感覚過程を活性化することにあるとの仮説が提示され¹⁾、非特殊感覚系 (non-specific sensory system) の影響が大であると考えられている^{2,3)}。

Butler⁴⁾ は連続音を 5 秒間呈示した後に刺激音を呈示する系列を反復して行い、この中で刺激音に対する AEP を加算平均した結果、AEP の N_1 - P_2 振幅が減少することを報告した。また、Picton ら¹⁾ は刺激音を一定の反復率で反復呈示する条件下において、刺激音の持続時間を変化させた結果、持続時間が長い程刺激音に対する AEP の N_1 振幅の減少が大きいことを報告した。これらの報告から、 N_1 , P_2 成分の発生に関与する生理過程に対する制止の影響が、音の持続中に形成されると推測される。しかし、種々の変数がこの制止的影響に及ぼす効果に関しては十分検討されていない。

本研究では、音の持続によって生ずる、AEP の N_1 , P_2 成分に対する制止の影響の性質を知るために、次の 2 点すなわち、第 1 に、暴露音の物理的特性と暴露音の後に呈示される刺激音の物理的特性が類似している程、刺激音に対する N_1 , P_2 振幅の減少が大きいといった特異性が認められるか否か、第 2 に、暴露音の物理的特性によって N_1 , P_2 振幅の減少量に差異が認められるか否かに着目し、連続音の長時間暴露の影響を検討した。

1980 年 6 月 10 日受理

Received 10, June 1980

II. 実験方法

1. 被験者

聴力検査により聴力が正常と認められた6名の健康な男子大学院学生(23~26歳)を被験者とした。

2. 刺激

相互に1 octave 離れた6種類の純音(125, 250, 500, 1 k, 2 k, 4 kHz), および中心周波数がそれぞれ上記の周波数と一致し、帯域幅が0.7 octave で-24 dB/octave の減衰率を持つ6種類の帯域雑音を刺激音とした。純音は信号発生器(JEIC 0100 A)から発生させ、帯域雑音は白色雑音を信号発生器から発生させた後に可変バンドパスフィルター(NF circuit design block model FV-604 T)を通して作製した。

電気刺激装置(Nihonkoden SEN 7103 M)から発生させた矩形波を時定数10 m secの一次遅れ系を通して得た出力波と上記の刺激音を合成し、約22 m secの立上りおよび立下り時間を持つ、持続時間500 m secの短音を作製した。刺激音は1.5 sec毎に1回発生する1連続の短音系列として、テープレコーダ(TEAC A 650)によって録音された。

刺激強度は、12種類の刺激音に対する各被験者の最小可聴限を基準とし、感覚レベルで60 dB(60 dB SL)とした。

3. 装置

刺激音はテープレコーダ(TEAC A 650)で再生後、前置増幅器(YAMAHA C2), イコライザー(ROLAND) GE 810), 主増幅器(Harman/Kardon Citation 16), およびヘッドフォン(STAX SR 5)を通して防音シールド室内(暗騒音20 dB以下)の椅子に座っている被験者に呈示した。

脳波は国際式10-20電極法⁵⁾によるCzからの単極導出とし、不関電極を右耳朶に置いた。電極は銀板皿状電極を用いた。脳波は脳波計(Nihonkoden EEG 5109)で増幅された後、データレコーダ(TEAC 410)で録音すると同時に、医用データ処理システム(ATAC 450)に導かれ、on-lineで加算平均された。脳波計の時定数は0.3 secとし、60 HzのHigh cut filter およびHum cut filterを用いた。

4. 実験計画

連続音が長時間呈示されることによる影響は、連続音の呈示終了後に記録される刺激音に対するAEPを連続音呈示前のそれと比較して検討された。すなわち、連続音および刺激音の呈示が同一個体に対して実施されることから、本実験計画はWithin Subject型のA-B-A計画である⁶⁾(Fig. 1)。この計画はBにおいて実施される条件の効果を、時間的にBの前後に配置される2つのAの間で反応を比較し、テストする計画であり、本実験では先頭のAをプリテスト期、Bを暴露期、後続のAをポストテスト期と呼ぶ。また、暴露期に呈示される連続音を暴露刺激、プリおよびポストテスト期に呈示される刺激音をテスト刺激と呼んだ。

暴露刺激の条件としては、1 kHz 純音、1 kHz を中心周波数とする帯域雑音、および暴露刺激が呈示されない統制の3条件が置かれた。これら暴露刺激の物理特性に応じた特異的効果は、種々のテスト刺激条件を置くことによって比較検討された(Table 1)。第1に暴露音の種類による特異性に着目し、純音と帯域雑音の2種類のテスト刺激条件を設定した。すなわち、1 kHz 純音の暴露の影響を純音によってテストする条件(PP条件)、帯域雑音によってテストする条件(PN条件)、1 kHz 帯域雑音の暴露の影響を純音によってテストする条件(NP条件)、帯域雑音によってテストする条件(NN条件)、および2種類の統制条件(CPおよびCN条件)が置かれた。第2に暴露刺激とテスト刺激の組合せによ

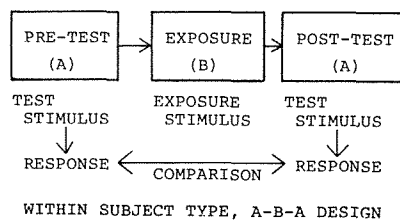


Fig. 1. Experimental design.

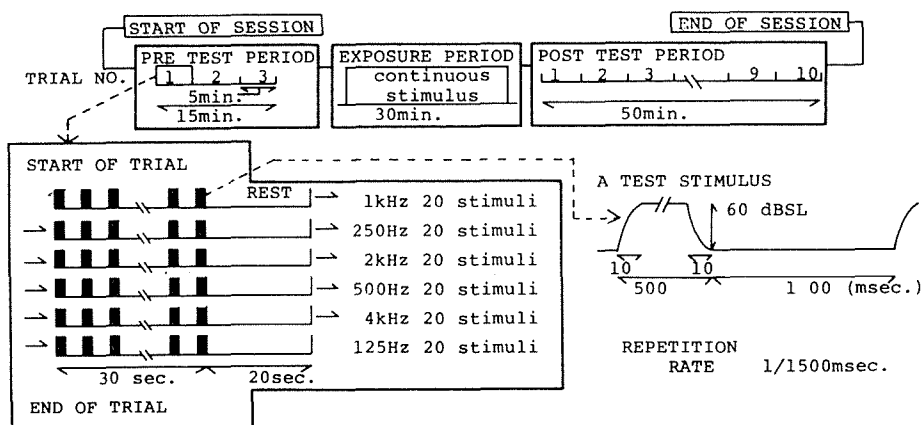
Table 1. Abbreviations of all experimental conditions. Six general categories are divided into thirty-six sub-categories.

Test stimulus	Exposure stimulus		
	None (control; C)	1 kHz pure tone (P)	1 kHz band noise (N)
Pure tone	CP condition	PP condition	NP condition
(P)	CP 125	PP 125	NP 125
	CP 250	PP 250	NP 250
	CP 500	PP 500	NP 500
	CP 1 k	PP 1 k	NP 1 k
	CP 2 k	PP 2 k	NP 2 k
	CP 4 k	PP 4 k	NP 4 k
Band noise	CN condition	PN condition	NN condition
(N)	CN 125	PN 125	NN 125
	CN 250	PN 250	NN 250
	CN 500	PN 500	NN 500
	CN 1 k	PN 1 k	NN 1 k
	CN 2 k	PN 2 k	NN 2 k
	CN 4 k	PN 4 k	NN 4 k

る周波数特異性に着目し、上記の6条件毎に6種類の周波数条件が設定された。すなわち、テスト刺激が125, 250, 500, 1k, 2k, 4kHzの純音である場合と、上記の6周波数を中心周波数とする帯域雑音である場合である。したがって、CP, PP, NP, CN, PN, NNの各条件は、それぞれテスト刺激の周波数に関してさらに6分類された。たとえば、CP条件は、CP 125, CP 250, CP 500, CP 1k, CP 2k, CP 4kの下位条件から構成された。

5. 手 続

CP, PP, NP, CN, PN, NNの6条件は実験日を変えて実施され、1日の実験(セッション)に1条件を割当てたので被験者は6日間にわたり実験に参加した。セッション内の手続はFig. 2のブロック図に示された。

**Fig. 2.** Blockdiagram of the experimental procedure.

暴露期には暴露刺激が30分間連続して、また、プリおよびポストテスト期には6種類の周波数から成るテスト刺激の系列が表示された。テスト刺激系列は、120回のテスト刺激を含む1試行を単位とし、試行の反復により構成され、プリテスト期は3試行、ポストテスト期は10試行から成っている。試行内には、1 kHz, 250 Hz, 2 kHz, 500 Hz, 4 kHz, 125 Hzの順に、各条件20回の刺激音の反復表示より成る周波数条件が配置された。

プリテスト期の AEP はテスト刺激条件別に3試行60回の反応が加算平均されたが (pre ブロック)、ポストテスト期は4ブロックに分割され、各ブロック別に反応の加算平均が行われた。すなわち、ポストテスト期の先頭の1試行 (ポスト第0ブロック; P0 ブロック) は20回加算、後続の9試行は3分割されて (ポスト第1~3ブロック; P1, P2, P3 ブロック), 60回加算が行れた。

データのサンプリングおよび反応の読取り法は Fig. 3 に示すごとくである。サンプリングはテスト刺激表示開始の100 msec 前より表示開始後412 msec まで行い、加算波形の N_1 および P_2 成分の潜時と振幅が読取られた。振幅は刺激表示前100 msec 間の時間平均を基線とし、基線からの変化量として測定された。

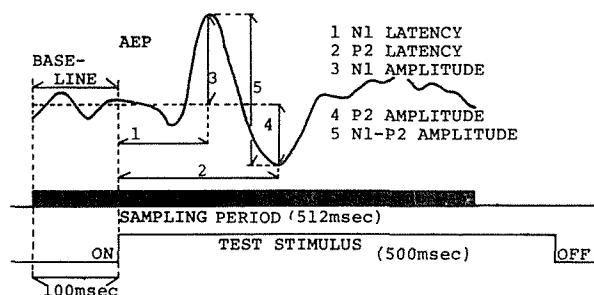


Fig. 3. Sampling period and the identification of the AEP components.

被験者に対しては、安静開眼状態で眠らないように注意し、テスト刺激表示中は可能な限りまばたきをしないように教示した。

6. データの統計的解析

データの統計的解析は、 N_1 および P_2 の潜時と振幅、および N_1 - P_2 頂点間振幅の5反応について行った。本実験における独立変数は、(1) テスト刺激の音種別要因: テスト刺激が純音かまたは帯域雑音に関する要因、(2) テスト刺激の周波数要因: 純音の場合は周波数、帯域雑音の場合はその中心周波数に相等する要因、(3) 暴露刺激の条件別要因: 暴露刺激が1 kHz 純音であるか、1 kHz 帯域雑音であるか、暴露刺激なしの統制条件であるかに関する要因、(4) 実験ブロックの時間経過要因: Pre, P0, P1, P2, P3の実験ブロックに関する要因、(5) 被験者の要因の5変数である。

これら5要因によって生ずる影響のパターンは混合モデルの5要因分散分析により、(1), (2), (5)の要因は、これと3要因分散分析を併用して解析された。また、ポストテスト期の各ブロックの反応をプリテスト期の反応と各々対とし、 t 検定を行った。さらに、分散分析の下位分析として Newman-Keuls test を行った⁷⁾。

III. 実験成績

1. テスト刺激の物理的特性による影響

プリテスト期における5反応の各々について、6名の被験者の3回繰返しから得られた18個の測定値について、平均値と標準誤差を算出した (Fig. 4~6)。

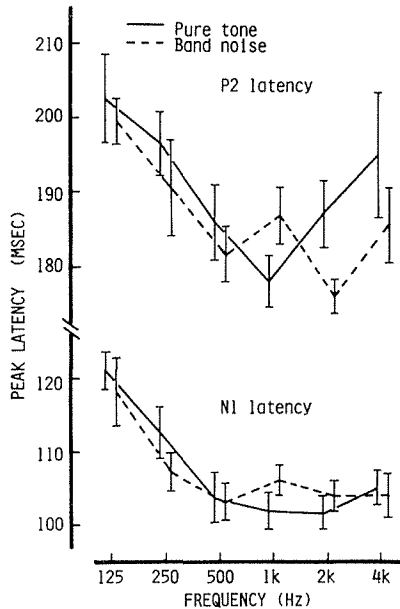


Fig. 4. Changes in mean peak latency of N1 and P2 (m sec. $\pm$ s.e.) with stimuli of pure tones and band noises during pre-test period.

(1) N₁ 潜 時

周波数間に有意の主効果が認められ ($F(5; 25) = 18.81, p < 0.001$), 純音では 125 Hz と 250 Hz, 帯域雑音では 125 Hz の低周波数条件に対する N₁ 潜時が他の周波数条件に比較して有意に大であった ($p < 0.05$)。周波数による N₁ 潜時の差異は, 純音では 125 Hz と 2 kHz の間で 20 m sec, 帯域雑音では 125 Hz と 500 Hz の間で 15 m sec であった。

(2) P₂ 潜 時

周波数間に有意の主効果が認められ ($F(5; 25) = 4.28, p < 0.01$), 音種の要因を無視すると, 125 Hz に対する P₂ 潜時が 250 Hz を除く他の 4 種の周波数条件に比し有意に大であった ($p < 0.05$)。音種別に比較すると, 純音では 125 Hz と 1 kHz 間に, 帯域雑音では 125 Hz と 2 kHz 間に有意差が認められ ($p < 0.05$), 周波数と音種要因間の交互作用が疑われた ($F(5; 25) = 1.47, p < 0.25$)。

周波数による P₂ 潜時への影響パターンは, N₁ 潜時の場合と類似していたが, P₂ 潜時の変化幅は純音では 25 m sec, 帯域雑音では 23 m sec で, N₁ 潜時に

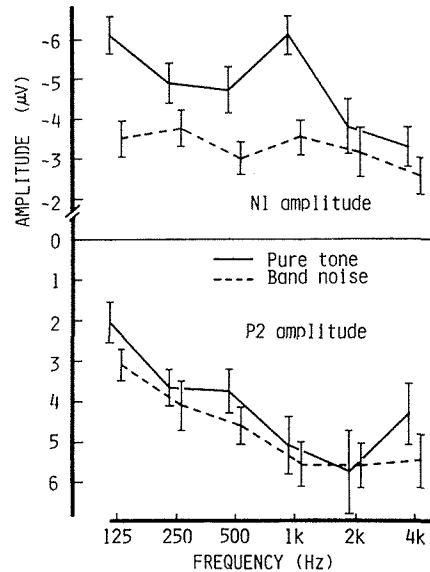


Fig. 5. Changes in mean amplitude of N1 and P2 ($\mu V \pm$ s.e.) with stimuli of pure tones and band noises during pre-test period.

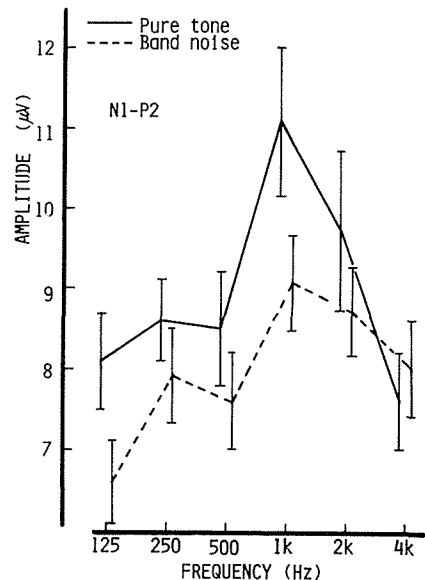


Fig. 6. Changes in mean N1-P2 amplitude ($\mu V \pm$ s.e.) with stimuli of pure tones and band noises during pre-test period.

対する周波数の影響より 5~8 m sec 増加していた。

(3) N_1 振 幅

周波数×音種の交互作用に有意性が認められた ($F(5; 25)=2.61, p<0.05$)。これは純音の周波数間に有意の単純効果が認められたのに ($p<0.01$)、帯域雑音ではこれが認められなかったことによるものである。純音では、1 kHz と 125 Hz に対する N_1 振幅が 2 kHz および 4 kHz に対する N_1 振幅よりも有意に大であった ($p<0.05$)。

N_1 振幅は 5 種類の反応の中でただ 1 つ、音種間に有意な主効果が認められ ($F(1; 5)=15.71, p<0.05$)、全体として純音は帯域雑音よりも大きな N_1 振幅を誘発した。プリテスト期の反応の平均値でみると、純音に比し帯域雑音で約 33% の減少が観察された。

(4) P_2 振 幅

周波数条件間に有意の主効果が認められ ($F(5; 25)=6.11, p<0.01$)、音種の区別を無視した場合、125 Hz に対する P_2 振幅が他の 5 種類の周波数に対するそれに比し有意に小で、かつ、2 kHz に対する P_2 振幅は 250 Hz および 500 Hz のそれより有意に大であった ($p<0.05$)。5 要因分散分析では音種の主効果が疑われ ($F(1; 5)=2.43, p<0.25$)、帯域雑音の方が純音よりも大きな P_2 振幅を誘発するように思われた。

(5) N_1 - P_2 振 幅

周波数間に有意の主効果が認められ ($F(5; 25)=3.99, p<0.01$)、音種の区別を無視した場合、1 kHz に対する N_1 - P_2 振幅は 2 kHz を除く他の 4 種の周波数に対するそれより有意に大であった ($p<0.05$)。

2. 暴露刺激条件の影響および AEP の時間的変化

5 種類の反応の時間的変化を実験ブロックの主効果パターンとして示すと Fig. 7 のごとくである。

(1) N_1 潜 時

暴露条件の要因および実験ブロックの要因には、種々の効果について有意性が認められなかった。

(2) P_2 潜 時

実験ブロックによる時間経過の主効果に有意性が認められ ($F(4; 20)=6.31, p<0.01$)、暴露終了直後の P0 ブロックにおける P_2 潜時は、その他のブロックにおける P_2 潜時に比し有意の増加が認められた ($p<0.01$)。全条件の平均値と比較すると、Pre ブロックに比し P0 ブロックの P_2 潜時は約 8 m sec 遅延していた。しかし、実験ブロック要因との組合せで生ずる交互作用にはいずれも有意性が認められなかった。

(3) N_1 振 幅

1 kHz 純音を暴露した条件では、P0 ブロックにおける 1 kHz 純音のテスト刺激に対する N_1 振幅が、Pre ブロックと比較して平均 $3.58 \mu V$ の減少を示した (Fig. 8)。この減少量は全条件の中で最大で約 54% であった。t 検定によりこの影響には有意な傾向が認められた ($t(5)=2.32, p<0.10$)。

(4) P_2 振 幅

実験ブロックによる時間経過の主効果に有意性が認められ ($F(4; 20)=5.92, p<0.01$)、P0 ブロックの P_2 振幅は他のブロックのそれと比較して有意に増加していた ($p<0.05$)。全条件の平均値により比較するとこの効果は $0.85 \mu V$ で、約 19% の増加であった。

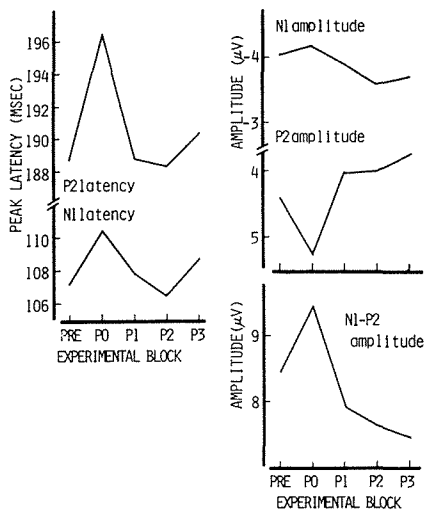


Fig. 7. Main effect of experimental block.

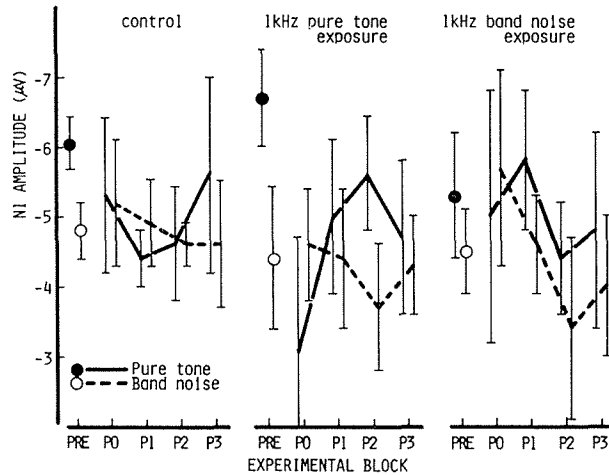


Fig. 8. Changes in mean N1 amplitude ($\mu\pm s.e.$) to 1 kHz pure tone and 1 kHz band noise with the experimental blocks for 3 exposure conditions.

(5) N₁-P₂ 振幅

実験ブロックの主効果に有意性が認められ ($F(4; 20)=12.24$, $p<0.001$), P0 ブロックの N₁-P₂ 振幅は他のブロックのそれと比較して有意に増加し ($p<0.01$), P2 および P3 ブロックにおいては, Pre ブロックに比し有意に減少していた ($p<0.05$). したがって, 暴露終了直後に N₁-P₂ 振幅は増加したが, 時間経過とともに減り, 暴露前の水準以下にまで達した。しかし, この変化と他の要因との交互作用には有意性が認められなかった。

3. 初期水準と反応変化量の関係

暴露前において AEP の各反応の水準が高い程, 暴露終了後の反応減少量が大きいと推測された。また, 周波数の主効果が 3 要因と 5 要因の分散分析の間で若干相違し, 暴露終了後の反応を含めると周波数による反応の変動幅が減少するように思われた。したがって, これを統計的に解析するために, ポストテスト期の反応量からプリテスト期の反応量 (初期水準) を減じて変化量を求め, これと初期水準の 2 変数間で積率相関係数を条件別に求めた。

初期水準の変動を個人内および個人間変動に分け, まず, 個人内変動, 特に周波数および誤差変動に着目し, 6 種類の周波数条件と 3 種類の暴露条件から成る 18 条件のデータについて相関係数を求めた。次に, 個人間変動に着目し, 個人内の全条件の平均値を個人の代表値と考え, 6 人の被験者に関する相関係数を求めた。

(1) 個人内の相関関係

相関係数は被験者別, 音種別, ポストテスト期のブロック別に, N₁ および P₂ 成分の潜時と振幅について求められ, これを示すと Table 2 のごとくである。

4 種の反応に関して, 有意の負の相関が多数認められた。また, この関係には若干の個人差があるように思われた。

(2) 個人間の相関関係

P2 ブロックにおいて, P₂ 振幅の相関が有意な傾向を示した以外は有意な相関は認められなかった。

Table 2. Relationship between initial level (in PRE block) and differential score (POST-PRE). Peasons'r and the significance level are calculated to within subject for 4 post experimental blocks. Initial values variate due to the frequencies of stimuli and the experimental error. N=18.

Stimulus	Subj.	Experimental block				Experimental block				
		P0	P1	P2	P3	P0	P1	P2	P3	
Pure tone	{	1	(1) N1 amplitude				(2) N1 latency			
		2	-0.32	-0.70**	-0.65**	-0.53*	-0.56*	-0.68**	-0.27	-0.43(*)
		3	0.13	-0.68**	-0.46(*)	-0.32	-0.35	-0.34	-0.39	-0.68**
		4	-0.55*	-0.72**	-0.54*	-0.73**	-0.32	-0.67**	-0.56*	-0.65**
		5	-0.59*	-0.84**	-0.63**	-0.78**	-0.68**	-0.67**	-0.38	-0.41(*)
		6	-0.02	-0.28	-0.08	-0.28	-0.27	-0.44(*)	-0.36	0.07
	{	1	-0.29	-0.86**	-0.56*	-0.85**	-0.25	-0.26	-0.28	-0.61**
		2	-0.53*	-0.59**	-0.69**	-0.58*	-0.81**	-0.45*	-0.73**	-0.67**
		3	-0.37	-0.83**	-0.69**	-0.28	0.04	-0.52*	-0.36	-0.39
		4	-0.59*	-0.67**	-0.73**	-0.28**	-0.72**	-0.92**	-0.79**	-0.78**
		5	-0.17	-0.57*	-0.53*	-0.80**	-0.18**	-0.56*	-0.01	-0.45(*)
		6	-0.35	-0.63**	-0.55*	-0.57*	-0.00	-0.36	-0.50*	-0.66**
{	1	-0.73**	-0.80**	-0.86**	-0.77**	-0.56*	-0.60**	-0.64**	-0.70**	
	(3) P2 amplitude				(4) P2 latency					
	1	-0.09	-0.86**	-0.47*	-0.78**	-0.36	-0.58*	-0.62**	-0.58*	
	2	-0.53*	-0.40(*)	-0.39	-0.68**	-0.45*	-0.36	-0.60**	-0.61**	
	3	-0.62**	-0.86**	-0.89**	-0.93**	-0.10	-0.53*	-0.59*	-0.77**	
	4	-0.47*	-0.71**	-0.77**	-0.51*	-0.30	-0.21	-0.75**	-0.93**	
{	5	0.14	0.43(*)	-0.01	-0.12	-0.30	-0.68**	-0.39	-0.48*	
	6	-0.18	-0.65**	-0.68**	-0.82**	-0.30	-0.58*	-0.69**	-0.36	
	{	1	-0.53*	-0.67**	-0.72**	-0.42(*)	-0.67**	-0.78**	-0.52*	-0.54*
		2	-0.28	-0.42(*)	-0.39	-0.58*	-0.81**	-0.63**	-0.91**	-0.32
		3	-0.76**	-0.80**	-0.82**	-0.84**	-0.36	-0.63**	-0.56*	-0.79**
		4	-0.63**	-0.71**	-0.40	-0.81**	-0.47*	-0.92**	-0.84**	-0.73**
5		-0.41(*)	-0.62**	-0.48*	-0.58*	0.09	-0.58*	-0.38	-0.38	
6		-0.29	-0.68**	-0.66**	-0.54*	-0.60**	-0.65**	-0.82**	-0.76**	

(*) $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

IV. 考 察

音の持続中に生ずる制止的影響は、聴覚神経の順応 (adaptation) によると考えられる⁸⁾。しかし、音の持続による AEP の N_1 , P_2 に対する影響が順応による効果なのか否か、また、これが順応によるとしても聴覚伝導路のどの段階で生ずるのか、さらに、順応を生ずる神経と N_1 , P_2 発生過程がどのように連絡しているかなどの詳細については明らかにされていない。

一定の間隔で刺激音が反復呈示されると、AEP の N_1 , P_2 振幅が制止的影響をうけて減少することが知

られているが、この影響は、AEP の N_1 , P_2 の発生に関与する生理過程に一定の不応期があることによる効果および慣れ (habituation) による効果とされている⁹⁾。反応不応期の影響には、刺激音と直前の刺激音の周波数が類似している程大きいという特異性の勾配が認められ^{10,11)}、また、慣れの影響には慣れに用いた刺激 (habituating stimulus) の物理特性に対して特異性があると報告されている^{12,13)}。したがって、刺激音に先行して連続音が暴露される条件下における特異性の有無およびその勾配と、反応不応期や慣れにおけるそれとの比較を行えば、音の持続による制止的影響の特徴を知ることができる。

実験成績からこの点を検討すると、1kHz 純音を暴露した条件において、1 kHz 純音のテスト刺激に対する N_1 振幅が、暴露終了直後において暴露前の水準より 54% の減少を示した。統制条件および 1 kHz 以外のテスト刺激に対する反応をみた条件の相方において N_1 振幅の減少が認められなかったことから、1 kHz 純音のテスト刺激に対する N_1 振幅の減少は 1 kHz 純音の暴露による周波数に特異的な影響であると考えられる。しかし、 N_1 振幅の著明な減少は暴露期終了直後のみに観察されたことから、 N_1 振幅の減少は暴露終了後の時間経過にともなう短時間内に回復するものと推測される。

特異性の勾配は反応不応期によるものと異なっており、暴露終了直後の 1 kHz 純音に対する N_1 振幅にのみ著明な減少が認められた。このことから、周波数特異性の勾配が、反応不応期による N_1 振幅の減少の場合と音の持続によるその場合とでは事実異なるという可能性がある。音の持続に由来する制止は持続型応答を示すニューロンの順応による現象であると仮定すると、これは持続型ニューロンが多く分布する低次の聴覚系に生ずると考えられる。他方、反応不応期の効果はオン型ニューロンの不応期に由来すると仮定すると、これはより高次の聴覚系において生ずる現象と考えられる。聴覚神経の周波数応答野の広さは神経系的水準によって変化するので⁸⁾、音の持続に由来する効果が生ずる水準において鋭い周波数特異性の勾配が現われるのかもしれない。また、上記の解釈が正しいと仮定すると、持続型ニューロンが N_1 発生過程と連絡を持つと考えられる。しかし、本実験において試行内の周波数条件の順序が 1 kHz-250 Hz-2 kHz-500 Hz-4 kHz-125 Hz と一定であったことを考慮すると、1 kHz 純音は先頭に位置していたので減少量が大きかったと考えられる。もし順序効果が影響していたならば、250 Hz 以降のテスト刺激が呈示された時にはすでに暴露影響が回復していると考えられ、影響の持続が 1 分程度で終了することが示唆される。

音の持続による N_1 , P_2 の制止的影響をみた従来の研究では、連続音として純音が用いられてきたが、構成周波数が純音よりも広範囲である帯域雑音を暴露音として用いた場合、制止的影響が変化すると予想される。本実験成績において、1 kHz を中心周波数とする帯域雑音が暴露された条件では、暴露終了直後においても 1 kHz 帯域雑音のテスト刺激に対する反応は減少しなかったため、暴露影響は暴露刺激の周波数構成に依存し、特定の周波数で線スペクトルを示す純音の影響が大きであると考えられる。また、聴覚系の周波数応答野は上位の水準程狭くなるが、視床中継核以降は逆に広がるとされていること⁸⁾を考慮すると、広い周波数構成を持つ帯域雑音の暴露影響が認められなかったことは、この影響が最上位の皮質水準で生ずる現象である可能性は低いと思われる。

すなわち、音の長時間暴露にともなう音の持続による影響は 1 kHz 純音の暴露において認められ周波数に特異的な現象であることが示唆された。またこの効果は比較的 low 次聴覚系に生ずると推測されたが、詳細については不明である。今後、暴露時間や暴露刺激強度などの変数の効果を検討することが必要であろう。

P_2 振幅は暴露終了直後において有意に増加することが認められた。また、 P_2 潜時もこの時に増加していた。 P_2 成分のこのような変化の一因は P_3 成分の生起によるものと思われる。すなわち、 P_3 成分が生ずると、 P_2 成分と P_3 成分を視察により同定することから P_3 成分を P_2 成分として同定することがあるためである¹⁴⁾。 P_3 成分は AEP における定位反応 (orienting response) であると考えられ^{14~16)}、また、暴露終了直後には事態変化にともなう定位反応の生起が考えられるので P_3 成分が誘発されたと推測される。

純音については、誘発刺激の周波数による N_1 , P_2 振幅への影響が従来報告されているが^{1,17,18)}, 本実験における N_1 振幅に対する周波数の影響は従来¹⁾の知見と一致した。すなわち、2 kHz, 4 kHz の高周波数条件では N_1 振幅が減少した。しかし、 P_2 振幅は Picton ら¹⁾によれば、500 Hz をピークとしこれより高いか、または低い周波数では減少することが報告されているが、本実験では 1 kHz, 2 kHz の P_2 振幅がピークを示すことが認められた。 N_1 - P_2 振幅に関しても、従来¹⁾の報告より低周波数条件に対する反応が小さいように思われる。この原因として、上記の試行内順序効果や P_3 成分の混入による P_2 振幅の変化が考えられるが、被験者が 6 名で小数だったことから、偶然に生じた事象なのかもしれない。

N_1 振幅はテスト刺激の音種の影響をうけ、純音は帯域雑音と比較してより大きな N_1 振幅を誘発した。Graham¹⁹⁾ は、まばたき (eye blink) および心拍率 (heart rate) における防御反射 (defense reflex) に対する白色雑音と 1 kHz 純音の影響をみた研究を展望して、脳幹を介する反射に関与する神経活動の空間的、時間的加重に対して、純音と雑音は異なる影響を与えるという仮説を提示した。すなわち、持続時間の短い刺激の場合、純音の方が同期性のより高い活動を誘発するので、空間的加重の効果によってより大きな反応が生起すると考えられる。しかし、刺激の持続時間が長くなると時間的加重の効果が対的に大きくなってくるので、純音と雑音に対する反応の差異は減少すると考えられる。Graham の仮説を AEP に対しても適用できるならば、 N_1 振幅において観察された純音と帯域雑音の効果の差異は、刺激の開始時における聴覚系の神経活動の空間的加重における差異に由来すると推測される。さらに、本実験のテスト刺激の持続時間は 500 m sec と比較的長かったにもかかわらず、純音に対する反応が大きかったことは、AEP の N_1 成分が音の持続にともなう時間的加重の影響をうけず、刺激変化に対する聴覚系の応答をより純粋に反映すると推測される。

N_1 潜時は周波数の影響をうけ、周波数が低い程潜時が遅れることが認められた。潜時の遅れの一部は蝸牛内の波動の伝搬による遅延によって説明されるが、蝸牛内の進行波が蝸牛孔に達するまでの時間は約 5 m sec にすぎない。したがって、純音の場合で 20 m sec、帯域雑音の場合で 15 m sec を示した周波数による N_1 潜時の変動の中には、蝸牛以降の聴覚伝導系における遅延が含まれると推測される。聴覚系は周波数に特異的なチャンネルから構成されることを示唆する多くの研究が存在し²⁰⁻²⁴⁾、情報が N_1 発生過程に到達する以前の段階で関与する神経細胞の総数が周波数によって異なるのかもしれない。さらに、 P_2 潜時の周波数による変動の最大の幅は、純音で 25 m sec、帯域雑音で 23 m sec と、 N_1 潜時の場合よりも増加していた。このことから、低次から高次の神経系へと情報が伝達されるにしたがって、周波数による聴覚系の反応潜時への効果が増幅されていくことが示唆される。

5 反応のすべてに対する帯域雑音の中心周波数の影響は、純音の周波数の影響とほぼ一致していたので、帯域雑音に対する AEP の N_1 , P_2 成分の変化はその中心周波数によって主に説明されると考えられる。

さて、 N_1 潜時、 N_1 振幅、 P_2 潜時、 P_2 振幅に関して、暴露刺激呈示前の初期水準と暴露終了後の変化量との相関関係を検討したが、初期水準が個体内で周波数および誤差による変動をする場合に、上記 2 変数間の有意な負の相関が認められた。これは、いわゆる初期値の法則 (Law of Initial Value; LIV) に関連する現象と考えられる。この現象は、自律神経系諸反応において多くの報告例があるが²⁵⁾、AEP の成分に関する報告例は少ない。初期値の変動の中には周波数による変動が含まれていたことから、時間経過にともないブリテストで観察された周波数による反応の変化幅が減少する効果も含まれると考えられるが、このような効果の意味は明らかではない。

V. 結 論

30 分間の音暴露による、AEP の N_1 , P_2 成分に対する影響が暴露音の物理的特性によって特異的であるか否かについて検討した。また、1 kHz 純音と 1 kHz を中心周波数とする帯域雑音との間で生ずる AEP の変

化についての差異を比較検討した。

この結果,

(1) 1 kHz 純音を 30 分間暴露すると, 暴露終了直後に著明な N_1 振幅の減少が認められ, 暴露音の持続によって周波数に特異的な制止的影響が生ずると推測された。1 kHz を中心周波数とする帯域雑音の暴露ではこの効果は認められず, 純音は帯域雑音と比較して大きな影響を及ぼすと考えられる。

(2) P_2 成分の潜時と振幅は暴露終了直後に増加したが, この効果は非特異的であると思われる。

(3) 一般に, 帯域雑音と比較して純音に対する N_1 振幅が大であり, 純音は同期性の高い神経活動を誘発すると推測される。

(4) 帯域雑音の中心周波数が N_1 , P_2 成分に及ぼす影響は, 純音周波数の影響と類似していた。

(5) 音暴露終了後の反応変化量は音暴露前の初期反応水準に依存すると思われる。

参 考 文 献

- 1) Picton, T. W., Woods, D. L. and Proulx, G. B. (1978): Human auditory sustained potentials. II. Stimulus relations. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **45**: 198-210.
- 2) Picton, T. W., Hillyard, S. A. and Galambos, R. (1974): Human auditory evoked potentials. I: Evaluation of components. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **36**: 179-190.
- 3) Kevanishvili, Z. Sh. and von Specht, H. (1979): Humane slow auditory evoked potentials during natural and drug-induced sleep. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **47**: 280-288.
- 4) Butler, R. A. (1973): The cumulative effects of different stimulus repetition rate on the auditory evoked response in man. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **35**: 337-345.
- 5) Report of the Committee on methods of clinical examination in electroencephalography (1958). *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **10**: 370-375.
- 6) Barlow, D. H., Hersen, M. and Jackson (1973): Single-case experimental design. *Arch. Gen. Psychiatry*, **29**: 319-325.
- 7) Winer, B. J. (1971): Statistical principles in experimental design. MacGraw-Hill, London.
- 8) 境 久雄 (1978): 聴覚の生理. 日本音響学会編, 日本音響工学講座, 6, 聴覚と音響心理, p. 1-61, コロナ社, 東京.
- 9) Picton, T. W., Hillyard, S. A. and Galambos, R. (1976): Habituation and attention in the auditory system. In W. D. Keidel and W. D. Neff (Eds.), Handbook of sensory physiology, Springer-Verlag, Berlin, vol. 5, part 3, 343-389.
- 10) Butler, R. A. (1968): Effect of changes in stimulus frequency and intensity on habituation of the humane vertex potential. *J. acoust. Soc. Am.*, **44**: 945-950.
- 11) Butler, R. A. (1972): Frequency specificity of the auditory evoked response to simultaneously and successively presented stimuli. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **33**: 277-282.
- 12) Westenberg, I. S., Golub, P. B. and Weinberger, N. M. (1976): Evoked potential decrements in auditory cortex. I. Discrete-trial and continual stimulation. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **40**: 337-355.
- 13) Westenberg, I. S. and Weinberger, N. M. (1976): Evoked potential decrements in auditory cortex. II. Critical test for habituation. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **40**: 356-369.
- 14) Roth, W. T. (1973): Auditory evoked responses to unpredictable stimuli. *Psychophysiology*, **10**: 125-138.
- 15) Squires, N. K., Squires, K. C. and Hillyard, S. A. (1975): Two varieties of long-latency positive waves evoked by unpredictable auditory stimuli in man. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **38**: 387-401.
- 16) Roth, W. T. and Kopell, B. S. (1973): P 300—an orienting reaction in the humane auditory evoked response. *Percept. Motor skills*, **36**: 219-225.

- 17) Antinoro, F., Skinner, P. H. and Jones, J. J. (1969): Relation between sound intensity and amplitude of the AER at different stimulus frequencies. *J. acoust. Soc. Amer.*, **6**: 1433-1436.
- 18) Rothman, H. H. (1970): Effects of high frequencies and intersubject variability on the auditory evoked response. *J. acoust. Soc. Amer.*, **47**: 569-573.
- 19) Graham, F. K. (1975): The more or less startling effects of weak pre-stimulation. *Psychophysiology*, **12**: 238-248.
- 20) Schwent, V. L. and Hillyard, S. A. (1975): Evoked potential correlates of selective attention with multi-channel auditory inputs. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **38**: 131-138.
- 21) Schwent, V. L., Hillyard, S. A. and Galambos, R. (1976): Selective attention and the auditory vertex potential. I. Effects of stimulus delivery rate. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **40**: 604-614.
- 22) Schwent, V. L., Hillyard, S. A. and Galambos, R. (1976): Selective attention and the auditory vertex potential. II. Effects of signal intensity and masking noise. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **40**: 615-622.
- 23) Schwent, V. L., Synder, E. and Hillyard, S. A. (1976): Auditory evoked potentials during multichannel selective listening: Role of pitch and localization cues. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **2**: 313-325.
- 24) Hink, R. F., Hillyard, S. A. and Benson, P. J. (1978): Event-related brain potentials and selective attention to acoustic and phonetic cues. *Biological Psychology*, **6**: 1-18.
- 25) Lovallo, W. (1975): The cold pressor test and autonomic function: A review and integration. *Psychophysiology*, **12**: 268-282.

Summary

The effects of the exposure to sound on auditory evoked potential (AEP) were studied. 1 kHz pure tone and band noise (center frequency; 1 kHz, band width; 0.7 octave) were exposed to six male subjects for thirty minutes continuously on different days. Test sound with short duration were presented at the cycle of once/1.5 sec before and after the exposure repetitively. Six kinds of pure tones (125, 250, 500, 1 k, 2 k, 4 kHz) and band noises (the same center frequency as pure tones with 0.7 octave band width) were adopted as the test sounds. AEP to test sound after the exposure to sound were compared to that before exposure. To investigate the specific effects on the kind of sound exposed, three kinds of conditions were combined to each test sound.

The intensity of the sounds were 60 dB SL respectively. Results obtained were as follows:

- (1) When the subjects were exposed to 1 kHz pure tone, N_1 amplitude of AEP to 1 kHz pure tone tended to decrease just after exposure. It is supposed this effect recovers in a short time.
- (2) P_2 latency and amplitude of AEP were significantly increased just after exposure, but this effect is supposed to be independent on both exposure and test conditions.
- (3) N_1 amplitudes of AEP to pure tones were significantly larger than those to band noises, so it may be suggested that pure tone may induce more synchronous activity of relevant neuronal population.
- (4) The effects of center frequency of band noises on N_1 and P_2 components were similar to those of the frequency of pure tones.
- (5) Differential score after exposure were dependent on the initial level before exposure.