

- California, 2006. MMWR 2006; 56: 361-365.
- 25) Dilip R. et al. Human rabies. Am J Dis Child. 1974; 127: 862-869
- 26) C.L. Dolman, et al. Massive necrosis of the brain in rabies. Can J Neurol Sci. 1987; 14: 162-16
- 27) Johnson Y, et al. Mechanism of action of ribavirin in the combination treatment of chronic HCV infection.
- 28 ) Milwaukee rabies protocol Version 1.1 The Medical College of Wisconsin.
- 29) Hemachudha T, et al. Failure of therapeutic coma and ketamine for therapy of human rabies. J Neurovirol. 2006; 12: 407-9
- 30 ) Milwaukee rabies protocol Version 2.1 The Medical College of Wisconsin.
- 31) Willoughby RE, et al. Survival after treatment of rabies with induction of coma. N Engl J Med 2005; 352: 2508-2514.
- 32) WHO expert consultation on rabies first report 2004. Management of rabies patients before and after death. 4.3 Recommendations for safe clinical management of rabies patients
- 33) WHO expert consultation on rabies first report 2004. Management of rabies patients before and after death. 4.4 Postmortem management of bodies of patients that have died of rabies
- 34) Porras C, et al. Recovery from rabies in man. Ann Intern Med. 1976; 85: 44-8.
- 35) Alvarez L, et al. Partial recovery from rabies in a nine-year-old boy. Pediatr Infect Dis J. 1994; 13: 1154-5.
- 36) Madhusudana SN, et al. Partial recovery from rabies in a six-year-old girl. Int J Infect Dis. 2002; 6: 85-6.
- 37 ) Children's Hospital of Wisconsin <http://www.chw.org/display/PPF/DocID/33223/Nav/1/router.asp>
- 38) Milwaukee rabies protocol version 3.1 [http://www.chw.org/display/displayFile.asp?docid=33223&filename=/Groups/Rabies/Milwaukee\\_rabies\\_protocol.pdf](http://www.chw.org/display/displayFile.asp?docid=33223&filename=/Groups/Rabies/Milwaukee_rabies_protocol.pdf)
- 39) Robert C. et al. human rabies encephalitis following bat exposure: failure of therapeutic coma. CMAJ. 2008; 178: 557-561.
- 40) Pieter-Paul AM, et al. Fatal human rabies due to Duvenhage virus from a bat in Kenya: Failure of treatment with coma-induction, ketamine, and antiviral drugs. PLoS Negl Trop Dis. 2009 ;3:e428.
- 41) Presumptive abortive human rabies- Texas, 2009. MMWR 2010; 59: 185-190.

表 1 <2004 年までの狂犬病救命例> 17)

感染地	年代	性別	年齢	感染経路	ワクチン接種	後遺症
-----	----	----	----	------	--------	-----

米国	1970	男	6	コウモリ咬傷	曝露後免疫	なし
アルゼンチン	1972	女	45	イヌ咬傷	曝露前免疫	軽度
米国	1977	男	32	実験室内感染	曝露前免疫	あり
メキシコ	1992	男	9	イヌ咬傷	曝露後免疫	高度
インド	2000	女	6	イヌ咬傷	曝露後免疫	高度
米国	2004	女	15	コウモリ咬傷	なし	軽度～中等度

症例 4 : 4 年以内に死亡

症例 5 : 約 2 年後に死亡

表 2<病期別にみた合併症とその治療> (38)

注) Milwaukee rabies protocol(MRP) version3.1 による記載であり、国際的な標準治療として合意を得ているものではない。また、MRP による救命例の報告はあるが、その詳細は不明であり、治療効果の再現性は確認されていない。

合併症	発病日	推奨される治療
急性期	1-6	
恐水症および痙攣による脱水	1	生理食塩水・等張液を用いた補液 Vasopressor 及び BH4 投与
SIADH (時に尿崩症へ移行)	1-5	自由水の制限、頭蓋内圧のモニタリング ナトリウム濃度の調整
発熱	1-10	39.5 度まで許容される 室温の調整
自律神経系の不安定性：頻脈、上室性頻脈	1-4	鎮静・麻酔深度の強化；短時間作用性β遮断薬；ヘモグロビンの維持>10mg/dl、中心静脈圧の管理、心臓超音波検査の実施
自律神経系の不安定性：徐脈、心拍停止 ペースメーカーの必要、完全房室ブロック	4	鎮静・麻酔深度の強化、経静脈的ペースメーカー、アトロピン、適切な輸液負荷、動脈血酸素化及び軽度の高二酸化炭素血を目標とした人工呼吸管理
血圧変動 (痙攣に関連)	1	鎮静・麻酔深度の強化 輸液管理 BH4 の補充
唾液過剰分泌 (最大 1.5l/日)	1-6	気管内挿管、気管切開
呼吸不全 (無呼吸または非特異的肺機能障害)		気管内挿管、気管切開
腸閉塞	1-8	経鼻経腸栄養チューブ、経口薬剤、経腸栄養

排尿障害	4	尿道カテーテル留置
痙攣	1-4	鎮静、麻酔、の調整 気管内挿管を考慮 気管の刺激を避ける（リドカインを使用）
部分てんかん	1-4、15	経頭蓋骨脳血管ドップラー 発作時に脳波測定 抗てんかん薬
進行期	7-14	
尿崩症（5-15L/日）	4-14	尿管留置カテーテル 塩分喪失の除外 経頭蓋骨脳血管ドップラー・頭部 CT Vasopressor
体温変動	11-12	室温の調整
徐脈、心停止； 電氣的ペースメーキング 完全房室ブロック	7-27	人工呼吸器の確認、系静脈的ペースメーカー 鎮静の強化、気管への刺激を避ける、 アトロピン、ヘモプロビンの維持 (>10 mg%)、 適切な輸液負荷、 動脈血酸素化及び軽度の 高二酸化炭素血を目標とした人工呼吸管理
中心静脈圧の上昇	5-21	
昏睡	11-12	
頭蓋内圧の上昇	6-11	脳室内ドレナージ及び近赤外線分光光度計 によるモニタリング
全身性弛緩性麻痺	発症 4-8 日 症状の完成 10-14 日まで	人工呼吸管理、拘縮予防のための理学療法 じょく創予防の頻回の体位変換、予防的なヘ パリン投与
副腎不全	5	
中心静脈圧上昇	5-21	BH4 補充
全般性脳血管痙攣（タイプ 1）	6-10	Minodipine 投与 経頭蓋骨脳血管ドップラー
結膜の紅潮	6-10	
脳圧上昇	6-11	脳圧のモニタリング 脳室ドレナージ 治療的腰椎穿刺
成長ホルモンの機能低下 22)	ヒトでの記 載はない	

脳死に類似した症状（重度の脳症+完全な神経根症）	7-12、20	支持療法を継続
狂犬病抗体の出現	7-12	連日または隔日の血清抗体測定 連日または隔日の唾液中ウイルス測定
亜急性脳浮腫	10-33	頭部 CT・MRI ナトリウム濃度の調整
塩喪失	10-33	利尿剤投与を避ける 血清及び尿中のナトリウム及び尿酸測定 必要に応じナトリウム補充
甲状腺機能低下症	7-21	
徐脈・心停止 ペースキングの必要性 完全房室ブロック	7-27	ヘモグロビンを 10mg%以上に維持 鎮静を強化 経静脈的ペースメーカー 狂犬病抗体測定
脱神経 感覚及び運動	11-12	
体温変動	11-12	室温調整 人工呼吸菌の温度管理
昏睡	11-12	経頭蓋ドップラー超音波 緊急 CT±CT 血管造影
全般的脳血管痙縮（タイプ 2）	12-17	Minodipine 投与 脳圧管理 血清抗狂犬病抗体測定 腰椎穿刺
皮膚の紅潮、蕁麻疹様皮疹	12-25	血清狂犬病抗体価測定 皮膚生検
終末期	14-19	
心筋炎	6-21	頭部 MRI、CT などによる脳浮腫の除外
低血圧	7-24	心臓超音波検査 血管作動薬 BH4 投与
皮質活動の欠如（脳波）	14-24	経頭蓋ドップラー超音波 緊急 CT±CT 血管造影
上大静脈血栓	22	ヘパリン 弾性ストッキング

表3 MRP Version3.1の要点

<支持療法>

- ・カテコラミン性神経伝達物質の生成に必要な tetrahydrobiopterin (BH4) の補充は、全例には行わず、低血圧、脳血管痙縮などが認められる際に使用される。
- ・全身管理における麻酔深度の調整
- ・脳死の診断基準を当てはめることはできず、鑑別に脳生検、脳血流測定を要する
- ・脳血管痙縮予防のため、カルシウム拮抗薬 (Nimodipine 国内未承認薬) を使用する。

<神経保護>

- ・神経保護は、主にベンゾジアゼピン、ケタミン、アマンタジンにより行われる
- ・フェノバルビタールは、神経障害の惹起、免疫応答を抑制する懸念があり、全例には投与せず、必要時のみに使用する。

<抗ウイルス療法>

- ・狂犬病ウイルスのクリアランスは生体の免疫反応により行われる
- ・発症後の抗狂犬病免疫グロブリン、狂犬病ワクチンの投与は、免疫を修飾し病勢を悪化させる可能性があり禁忌とする
- ・リバビリンの効果は不明であり、溶血性貧血などの副作用を有することや、免疫応答を抑制し臨床症状を悪化させる可能から、禁忌とされた。

表4 狂犬病治療における院内感染対策 (32) (33)

- ・狂犬病患者の診療・看護に直接関わる場合には、ガウン、ゴーグル、マスク、グローブ (Personal protective equipment PPE) の着用を要する
- ・感染リスクのある医療スタッフに対して、曝露前免疫の実施を考慮
- ・剖検、生検、局所解剖を実施する際は、適切な PPE の着用を要する
- ・汚染された器具は、高圧滅菌消毒または煮沸消毒を要する
- ・遺体は防腐処置を行わず、早期に火葬または埋葬する

平成 22 年度厚生労働科学研究費補助金（新型インフルエンザ等新興・再興感染症研究事業）  
「ワンヘルス理念に基づく動物由来感染症制御に関する研究」  
分担研究報告書

狂犬病曝露前免疫の曝露後発症予防に対する効果

分担研究者	菅沼明彦	がん・感染症センター都立駒込病院	感染症科
協力研究者	高山直秀	がん・感染症センター都立駒込病院	小児科
協力研究者	柳澤如樹	がん・感染症センター都立駒込病院	感染症科
協力研究者	西村昌晃	(財) 畜産生物科学安全研究所	

研究要旨；狂犬病曝露後発症予防の効果を確かかつ速やかに得ることを目的に、狂犬病曝露前免疫が行われている。今回、何らかの接種法により狂犬病曝露前免疫を受けた者における曝露後発症予防への効果を検討した。曝露前発症予防として 2 回または 3 回の狂犬病ワクチン接種が既に行われ、曝露後発症予防（4 例）、追加接種（1 例）を希望したものの者について、接種終了 2 週間後に狂犬病抗体価を測定した。その結果、全例に有意な抗体産生を得られたことが確認された。国内において、曝露後発症予防、曝露前免疫及び、曝露前免疫追加接種を検討した報告は少ないことから、今後も症例を重ね、各々の接種法を検討していく必要がある。

#### A. 研究目的

狂犬病曝露前免疫は、狂犬病曝露後発症予防の効果を確かかつ速やかに獲得することを目的としている。狂犬病曝露前免疫の接種スケジュールは、国際保健機関（WHO）が 0、7、28 日（WHO 方式）なのに対し、日本は 0、30、210 日（日本方式）を採用している。日本方式は、曝露前免疫の完遂に長期を要するため、多くの渡航者は出国前に 2 回しか接種を行い得えない。しかし、曝露前 2 回接種の効果については、これまで検討されていない。今回、何らかの接種法により狂犬病曝露前免疫を受けた者における曝露後発症予防への効果を検討したので報告する。

#### B. 研究方法

##### 1. 対象

国内での曝露前免疫歴を有し、狂犬病常在地にて狂犬病危険動物により受傷し、当院にて狂犬病曝露後発症予防を実施した 4 例、及び曝露前免疫の効果維持を目的に追加接種を行った 1 例の計 5 例を対象とした。曝露後発症予防は、0、3 日のスケジュールにて 2 回接種を行い、追加接種は 1 回のみ接種を行った。全例、曝露前免疫、曝露後免疫及び曝露前免疫追加接種は、いずれも化学及血清療法研究所の製造する乾燥組織培養不活化狂犬病ワクチンを用いた。性別は男性 2 例、女性 3 例、年齢は 2～31 歳であった。曝露前免疫のワクチン接種回数は、3 回 3 例、2 回 2 例であった。3 回接種の 3 例は、日本方式 1 例、WHO 方式 2 例であ

った。2 回接種の 2 例は、日本方式に従い、0、30 日に接種した。WHO 方式を選択した 2 例は、狂犬病危険動物への曝露の危険性が高く、国内未承認の接種方法である点について同意を得た上で実施した。曝露前免疫終了から、狂犬病抗体検査は、対象者の希望に基づき実施され、論文等への発表の際に個人情報保護される点について事前に承諾得ている。

##### 2. 方法

曝露後発症予防及び曝露前免疫追加接種の最終接種終了約 2 週間後に血清を採取し、畜産生物科学安全研究所にて狂犬病抗体価を測定した。蛍光抗体ウイルス中和試験による中和抗体価を標準血清との比較により換算し、国際単位（IU/ml）で表した。中和用ウイルスとして、狂犬病ウイルス CVS-11 株を用い、国際単位に換算するための標準血清は、国際獣疫事務局のリファレンスラボラトリーである、フランス食品安全衛生局より配布されたものを使用した。感染予防に必要な防御抗体価は、WHO が提唱する 0.5IU/ml とした。<sup>1)</sup>

#### C. 研究結果

各症例の、①曝露前免疫、②曝露前免疫終了後から曝露後発症予防または曝露前免疫追加接種開始までの日数、③中和抗体価は以下の通りであった。症例 1、①日本方式 3 回接種、②48 日、③121.5IU/ml、症例 2、①WHO 方式 3 回接種、②1305 日、③53.5IU/ml、症例 3、①WHO 方式 3

回接種、②2152日、③40.5IU/ml、症例4、①日本方式2回接種、②39日、③23.4IU/ml、症例5、①日本方式2回接種、②215日、③70.3IU/ml。症例3は、曝露後免疫追加接種であり、1回のみ接種を行った。(Table 1) 全例、防御抗体価である0.5IU/mlを大きく上回る抗体価を示した。

曝露後発症予防の副反応は、症例2にて、接種部位に発赤、掻痒感、腫脹を認め、症例5に接種部位の発赤、掻痒感を認めた。全身性の副反応を呈した症例は認めなかった。

#### D. 考察

曝露前に狂犬病へ免疫を有しないものは、曝露後発症予防開始から、有意な抗体産生まで10日後を要し、曝露の状況によっては、発症を予防しえない可能性がある。また、これを補完する抗狂犬病免疫グロブリンは、使用可能な地域が限定されている。曝露前免疫は、1960年代より試みられ<sup>4)</sup>、ワクチン及びその接種法に検討が加えられ現在に至っている。曝露前免疫は、曝露後発症予防による抗体産生をより促進し、かつ抗狂犬病免疫グロブリンの併用が不要となる利点がある。

今回、日本方式の曝露前2回接種者は、3回接種者と同様に、曝露後免疫後に防御抗体価を大きく上回る結果を示した。曝露前免疫は、3回接種が標準だが、早期に完遂するWHO方式は、国内未認可である点が問題となる。十分な接種機会が得られない場合でも、日本方式による2回接種が、曝露前免疫として推奨可能であると思われた。

対象者には、曝露前免疫から1か月から6年経過した後に、曝露後発症予防または曝露前免疫追加接種が実施され、有意な抗体産生が示された。海外の研究にて、曝露前免疫の効果が長期に及ぶ

#### 文献

- 1) WHO Expert Consultation on Rabies First Report. World WHO technical report series; 931 2005:931:1-88
- 2) Suwansrinon K, Wilde H, Benjavongkulchai M, Banjongkasaena U, Lertjarutorn S, Boonchang S, et al. Survival of neutralizing antibody in previously rabies vaccinated subjects: a prospective study showing long lasting immunity. Vaccine. 2006; 24: 3878-80.

と報告されている<sup>2)</sup>が、国産狂犬病ワクチンにも同様の効果が期待できると推察された。

また、今回の結果から、ワクチン既接種者への曝露後発症予防についても検討を要することが示唆された。国産狂犬病ワクチンの添付文章は、曝露後発症予防完了者の再曝露は、曝露後免疫完了後6か月以内は再接種を不要とし、6か月以降は、再度6回接種となっている。対して、WHOは、曝露後発症予防及び曝露前免疫完遂者への、曝露後発症予防に2回接種を推奨している。<sup>1)</sup> 今回の結果は、曝露前免疫及び曝露後発症予防完遂後の再曝露では、いずれも海外に準じた2回接種により対応可能であることが示唆された。

今回は、少数例の検討であり、曝露後発症予防、曝露前免疫及び、曝露前免疫追加接種の症例を蓄積し、各々の接種法を更に検討する必要がある。

#### E. 結論

狂犬病曝露前免疫として国産狂犬病ワクチンを2回または3回接種された者に、曝露後発症予防を実施したところ、感染防御価を上回る抗体産生が速やかに得られた。

#### F. 健康危険情報

なし

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

菅沼明彦、高山直秀、柳澤如樹、西村昌晃. 狂犬病曝露前免疫の曝露後発症予防に対する効果. 感染症学雑誌 84 (4) : 474-475, 2010.

- 3) Centers for Disease Control. Human rabies prevention: United States, 1999: recommendations of the Advisory Committee on Immunization Practices (ACIP). MMWR Morb Mortal Wkly Rep 1999; 48: 1-21.

4) Schnurrenberger PR, Anderson GR, Russell JH. Rapidity and Magnitude of antibody response to duck-embryo rabies vaccine administered as a pre-exposure regimen. Bull World Health Organ. 1967; 37: 547-51.

Table 1. Results of five cases

Case	Age (years )	Sex	Pre-exposure immunization regimen(Doses)*	Interval+ (days)	Neutralizing antibody titer (IU/ml)
1	2	F	Japanese (3)	48	121.5
2	31	M	WHO (3)	1305	53.5
3 #	21	F	WHO (3)	2152	40.5
4	19	M	Japanese(2)	39	23.4
5	20	F	Japanese(2)	215	70.3

# one dose injected to keep efficacy of pre-exposure immunization

\* Japanese regimen; 3 doses ( day 0- day 30-day 210), 2 doses(day0-30)

WHO regimen; day0-day7-day28

+ The period of time between the last vaccination of pre-exposure immunization and the first vaccination of post exposure prophylaxis



米国における狂犬病曝露後免疫4回接種法への変更について

分担研究者	感染症科	菅沼明彦	がん・感染症センター都立駒込病院
協力研究者	小児科	高山直秀	がん・感染症センター都立駒込病院
協力研究者	感染症科	柳澤如樹	がん・感染症センター都立駒込病院

研究要旨：狂犬病は、致死的な中枢神経感染症を引き起こす人獣共通感染症であり、発症予防のため適切な曝露後免疫が不可欠である。世界保健機関（WHO）は、狂犬病ワクチン接種歴を有しないものへの曝露後免疫として5回接種を推奨している。しかし、2009年に米国から、曝露後免疫を原則4回接種へ減量することが推奨された。本研究では、米国における曝露後免疫の変更について、その背景や根拠をまとめた。この変更を、現時点においてWHOは追認していないが、今後世界的に曝露後免疫の再検討を促す契機となる可能性を有している。

#### A.背景

狂犬病は、狂犬病ウイルスによる人獣共通感染症であり、致死的な中枢神経感染症を引き起こす。「狂犬病」という病名ではあるが、狂犬病ウイルスは全ての哺乳類に感染しうる。

昭和31年以降、ヒト及び動物の国内感染例は報告されていないが、世界的には途上国を中心に毎年7万人以上の感染者が発生していると推測されている。また、先進国においても、ヒト狂犬病例が報告されており、米国では毎年数例が報告されている。

発症前に狂犬病ウイルスの感染を診断することは不可能であり、狂犬病発症後の治療法も確立されていない。このため、狂犬病常在地域で、狂犬病に感染した動物、または狂犬病に感染する可能性がある動物に

より受傷した場合は、適切な狂犬病曝露後免疫が必要である。

世界保健機関（WHO）は曝露後免疫として、受傷の程度に応じて、狂犬病ワクチン接種、または、狂犬病ワクチン接種と抗狂犬病免疫グロブリン（HRIG）の併用を勧めている。しかし、日本を含む多くの国と地域で、HRIGが使用できないことから、実際は狂犬病ワクチン接種のみが実施されることが多い。

WHOは、曝露後免疫として、組織培養ワクチンを用いた5回接種（0、3、7、14、30日）を推奨している。国産狂犬病ワクチンは、これに90日での接種を加えた、6回接種が指示されている。

米国においても、1980年代より5回接種による曝露後免疫が採用されていたが、

2010年3月に米国のACIP(Advisory committee on immunization practices)は、狂犬病曝露後免疫における狂犬病ワクチンの接種回数を4回(0、3、7、14日)へ減量することを勧告した。1) 現時点では、WHOは米国の4回接種法を追認していないが、この勧告は、世界的な狂犬病曝露後免疫の再検討の契機になりうると考えられる。今後の我が国の狂犬病曝露後免疫を検討する上でも、この変更の経緯及び根拠を知ることは重要である。本研究では、この勧告について概説し、今後の検討課題について検討した。

## B.改定された米国狂犬病曝露後免疫

### 1. 新たに勧告された接種スケジュール

狂犬病曝露後免疫は、創部の洗浄、ヒト由来抗狂犬病免疫グロブリン、狂犬病ワクチン接種より成っている。今回の改訂により、創部の洗浄及びHRIGの適応は、従来と同様であるが、曝露前免疫または曝露後免疫の接種歴がないものに対して、ワクチン接種が4回としている。ただし、何らかの免疫不全状態にあるものについては、従来のスケジュールと同様に5回接種を要するとしている。(図1)

### 2. 接種回数を減じた根拠

ACIPは、4回接種法を支持する根拠を5つの観点から述べている。その5点とは、①狂犬病ウイルスの病原性、②実験動物モデル③ヒト臨床研究④疫学的サーベイランス⑤医療経済である。

#### ① 狂犬病ウイルスの病原性

狂犬病ウイルスが高い神経親和性を有していることから、受傷部位におけるウイルスの中和と中枢神経への移行を阻

止するために、速やかな接種(抗狂犬病免疫グロブリンの局所への侵潤と狂犬病ワクチンの接種)を要する。

#### ② 実験動物モデル

動物モデルでは、接種回数にかかわらず発症予防効果が認められている。

#### ③ ヒト臨床研究

接種後28日に行われる5回目のワクチン接種を行わなくても、接種後14日に十分なウイルス中和抗体の産生が得られた。

#### ④ 疫学的サーベイランス

適切な創部の処置を行い、4回の狂犬病ワクチン接種とヒト由来抗狂犬病免疫グロブリン(HRIG)を接種したもので狂犬病を発症した者は確認されていない。

#### ⑤ 医療経済

5回目の接種を省略することによる期待される望ましい効果。(例:渡航費用の軽減、勤務時間減少の抑制、医療従事者の診療時間の確保、ワクチンによる副作用の減少)

ACIPは、報告書の中に上記の根拠として、いくつかの研究結果をあげている。以下に、その主なものを挙げる。

・疫学的な調査として、米国での研究では、1998-2000年に、狂犬病感染動物の咬傷を受けた1132例中、曝露後免疫として実施された狂犬病ワクチン接種が5回未満で中断したものが147例あったが、1例も発症例しなかった。

・適切に狂犬病曝露後免疫を実施したにも関わらず、狂犬病を発症した症例を検討した研究では、それらの症例が、顔面、体幹への受傷が多く、ほとんどが28日以内に症

状が発現し、28 日目に行われる 5 回目の接種が発症予防に寄与しなかったことが示された。<sup>2)</sup>

・ワクチン接種歴を有しないものへの曝露後免疫開始後の抗体価の推移をみた複数の研究では、3 回接種以降より、幾何平均抗体価(GMT)が防御抗体価 (0.5 IU/ml) を上回り、4 回接種時には、GMT が概ね 10 IU/ml 程度まで上昇すると報告されている

3)

・曝露後免疫として、1 回の RIG に加えてワクチン接種が 5 回未満で中断した症例の血清抗体価の研究によると、3 回以上の接種した症例は、いずれも 1:5 希釈における 100% ウイルス中和が得られた。<sup>4)</sup>

・米国では、年間に狂犬病曝露後免疫を 16000—39000 人も接種しており<sup>5)</sup>

狂犬病ワクチンの接種回数を減じることによる医療費削減の効果も期待されている。

・ある試算によると、曝露後免疫の変更に より、米国において、約 1660 万ドルの医療費削減が期待できるとされた。<sup>6)</sup>

### 3. 狂犬病ワクチン接種後の抗体検査

2010 年 3 月の ACIP より提出された報告書<sup>1)</sup>は、ワクチン接種後の抗体検査の適応についても触れている。免疫正常者には、4 回接種で防御抗体価を上回る抗体産生が得られることから、ルーチンの抗体検査は勧められていない。免疫不全状態のものについては、可能ならば免疫不全状態が改善した後、曝露前免疫を実施するように指示している。しかし、狂犬病ウイルスに曝露する

リスクが高く、免疫不全状態でありながら曝露前免疫を実施した場合は、その曝露前免疫の最終のワクチン接種終了後に抗体測定を推奨している。

また、免疫不全者に曝露前免疫または曝露後免疫を実施した場合は、1 回または複数回のワクチン接種を実施し、十分な抗体が得られたか確認するべきとしている。

### C. 考察

米国における狂犬病曝露後免疫の変更を、WHO は現時点では追認していないが、世界的な接種法の検討へとつながる可能性がある。国産狂犬病ワクチンは、①接種スケジュールが 6 回 (0、3、7、14、30、90 日) である、②曝露後免疫完了者に対する曝露後免疫の接種方法が異なる、③曝露前免疫完了者に対する曝露後免疫の接種法が明示されていない、などの点が、WHO の推奨する接種法と異なっている。まずは、国産狂犬病ワクチンの接種法と、WHO の接種法との整合性を図るための基礎的な研究が必要である。

米国の曝露後免疫の変更を、国産狂犬病ワクチンに適応が可能であるかを判断するためには、更に、曝露後免疫接種者のワクチン接種中及び接種後の抗体価の推移、接種終了後の抗体持続期間などを検討する必要がある。国内では HRIG を用いない方法で検討される点も、海外とのデータを比較する際に留意する必要がある。

<文献>

- 1) Rupprecht CE, et al. Use of a reduced (4-dose) vaccine schedule for postexposure prophylaxis to prevent human rabies: recommendations of the advisory committee on immunization Practices. MMWR Recomm Rep. 2010; 59: 1-9.
- 2) Wilde H. et al, Failure of post exposure rabies prophylaxis. Vaccine 2007; 25: 7605-9
- 3) Charles E. Rupprecht, et al. Evidence for a vaccine schedule for human rabies post-exposure prophylaxis in previous non-vaccinated individuals. Vaccine 2009; 27: 7141-8.
- 4) Kis Robertson, et al. Seroconversion following incomplete human rabies postexposure prophylaxis. Vaccine 201; 28: 6523-6526
- 5) Krebs JW, et al. Causes, costs and estimates of rabies postexposure prophylaxis treatments in the United States. J Public Health Manag Pract 1998; 4: 56-62.
- 6) Dhankhar P, et al. Cost effectiveness of rabies post exposure prophylaxis in the United States. Vaccine 2008; 26:4251-5.

表1 <変更された狂犬病曝露後免疫のスケジュール>

接種の既往	処置	対応
なし	創部の洗浄	直ちに流水と石鹼にて直ちに洗浄する。 可能ならば抗ウイルス作用のある消毒薬を使用する。
	HRIG	20IU/kg を可能ならば全量創部周辺に浸潤させる。 残量がある場合はワクチン接種部より離して筋注する。
	ワクチン	HDCV または、PCECV 1.0ml を 0、3、7、14 日に接種する。*
あり	創部の洗浄	直ちに流水と石鹼にて直ちに洗浄する。 可能ならば抗ウイルス作用のある消毒薬を使用する。
	HRIG	投与しない。
	ワクチン	HDCV または PCECV1.0ml を 0、3 日に接種する。

HRIG : ヒト由来抗狂犬病免疫グロブリン

HDCV : ヒト2倍体細胞ワクチン

PCECV : ニワトリ杯細胞ワクチン

\* 免疫不全を有す場合は、0、3、7、14、28日の5回接種を行う

ワンヘルス理念に基づく動物由来感染症制御に関する研究

狂犬病の感受性動物の生態把握のための調査研究

(わが国の飼育犬頭数推計手法に関する研究について)

研究分担者 井上 智

国立感染症研究所

研究協力者 石井 太

国立社会保障・人口問題研究所

研究要旨: 狂犬病ウイルスはヒトを含む全ての哺乳類に感染し、発症した個体はほぼ 100%死亡する。近年、わが国では狂犬病予防法に基づく犬のワクチン接種率が低下して 50%を下回っているとの推計報告がある。予防注射頭数、及び、登録犬数は、厚生労働省「衛生行政報告例」によって統計把握されているが、飼育犬頭数の総数について公的統計でこれを把握したものはない。現在、飼育犬頭数の統計には一般社団法人ペットフード協会が実施している「全国犬・猫飼育実態調査」に基づく「現在飼育頭数(拡大推計値)」がよく用いられており、平成 22(2010)年実施の調査では 1,186 万 1 千頭と推計している。本研究では、わが国における飼育犬頭数の推計精度を高めるために、ペットフード協会が行っている比推定(「全国犬・猫飼育実態調査」では 1 世帯あたりの平均飼育頭数を推計し、これに世帯総数を乗じる)の補助変量として用いられている「世帯総数」と「1 世帯あたりの平均飼育頭数」について評価を行うことにした。前者については、施設なども含む住民基本台帳の世帯総数の利用や、20 歳未満や 70 歳以上のみで構成される世帯を同様に扱うことから発生するバイアスを補正すると総飼育犬頭数は 10067 千頭となり、平成 22(2010)年の推定値 11861 千頭より 15.1%低いものになった。一方、後者については、「個人データ」を用いた推計法のバイアスを補正すると総飼育犬頭数は 18.8%低く、「インターネット調査」が有意抽出であることに起因するバイアスを補正すると 22.9%高くなることから、1 世帯あたりの平均飼育頭数推計法が総飼育犬頭数の推定値に与えている影響は  $0.2\%((1-0.188) \times 1.229=0.998)$ 程度と考えられた。また、これらを織り込んだ傾向スコアウエイトで総飼育犬頭数を補正すると 11861 千頭より 15.1%低い 10044 千頭となった。そこで、「全国犬・猫飼育実態調査」による飼育犬頭数の推計精度を向上させるためには、(1)補助変量として用いられている世帯総数に国勢調査の一般世帯を利用し、沖縄県を含め、20 歳未満や 70 歳以上のみで構成される世帯も考慮することと(2)1 世帯あたりの平均飼育頭数は現時点で補正を行う必要性は少ないがバイアスの動向等に関する検証の継続が必要であることを提言する。今回、提案した推計方法に含まれている種々の不確実要素は改善可能と考えられ、今後も検討継続が必要と考えられた。また、研究成果を活かす観点から、政府統計で、今後、大規模な無作為抽出標本調査による飼育犬頭数実態把握の実施が望まれる。

## A. 研究目的

狂犬病ウイルスはヒトを含む全ての哺乳類に感染し、発症した個体はほぼ 100%死亡する。わが国では、狂犬病予防法に基づくワクチン接種の義務化と、放浪犬の捕獲及び家畜伝染病予防法によるイヌの検疫などの寄与により昭和 32(1957)年以降狂犬病の発生はないが、その結果、ワクチンの接種率が低下し、いくつかの研究では現在、50%を下回るとの推計がある。このワクチンの接種率や飼育犬の登録率は、わが国における予防注射頭数・登録犬数を飼育犬頭数の総数で割ることにより求められる。このうち、予防注射頭数、及び、登録犬数については、厚生労働省「衛生行政報告例」において統計が把握されており、平成 21(2009)年度において、登録犬数は 6,880,844 頭、予防注射犬数は 5,112,401 頭となっている。

一方、飼育犬頭数の総数については、公的統計でこれを把握したものはない。現在、飼育犬頭数の統計として最もよく用いられているのは、一般社団法人ペットフード協会が実施している「全国犬・猫飼育実態調査」に基づく「現在飼育頭数(拡大推計値)」であり、平成 22(2010)年実施の調査によれば、1,186 万 1 千頭と推計されている。この調査はインターネット調査であるが、近年、いくつかの研究において、インターネット調査は無作為抽出の調査結果と異なる傾向を示すことがあることの指摘があることや、より一般的に、サンプルからの母集団推定法についても、いくつかの方法論が考えられることもあり、ワクチンの接種率をより正確に把握する観点からはこのような推定手法に関する検討を行うことが必要である。本研究は、わが国における飼育犬頭数の推計精度を

高めることを目的として、推定手法に関する検討を行うこととする。

## B. 研究方法

### (1)背景と先行研究

前節において述べたように、飼育犬頭数の総数については、公的統計でこれを把握したものはないが、「全国犬・猫飼育実態調査」による推計結果が最もよく用いられている。平成 22(2010)年実施の調査では、一般社団法人ペットフード協会が(株)インテージに委託し、インテージ・ネットモニターと呼ばれるモニターを抽出フレームとして、約 50,000 のサンプルを抽出して行っているインターネット調査である。

飼育犬頭数の推計は以下のように行われる。抽出は年齢階級・エリアで層化して行われているため、層を  $h=1, \dots, L$  で表し、 $i$  層に属する標本が回答した、その世帯で飼育している犬の頭数を  $x_{hi}$  で表すこととすると、層  $h$  における人口ウエイトを  $w_h$  として、飼育犬頭数の推定値  $\hat{T}$  は、

$$\begin{aligned}\hat{T} &= \hat{X}S \\ &= \frac{\sum_h w_h \sum_i x_{hi}}{\sum_h w_h \sum_i y_{hi}} S\end{aligned}$$

と推定される。すなわち、1 世帯あたりの平均飼育頭数  $\hat{X}$  を推定し、これに補助変数である総世帯数  $S$  を乗じることによって飼育犬頭数を推定するという比推定である。ここで、 $y_{hi}$  は、標本が層  $h$ 、個人  $i$  に該当するとき 1、それ以外では 0 とな

るインデックスを表す。

なお、この式は、 $(h, i)$  全体の集合を  $I$ 、このうち、 $x_{hi} = 0$  を満たす  $(h, i)$  の集合を  $J$  と書くと、

とも変形できる。すなわち、犬を飼育している世帯に限定した 1 世帯あたり平均飼育頭数  $\bar{X}_b$  に、犬

$$\begin{aligned}\hat{T} &= \frac{\sum_{(h,i) \in I} w_h x_{hi}}{\sum_{(h,i) \in I} w_h y_{hi}} S \\ &= \frac{\sum_{(h,i) \in J} w_h x_{hi} + \sum_{(h,i) \in I-J} w_h x_{hi}}{\sum_{(h,i) \in J} w_h x_{hi} + \sum_{(h,i) \in I-J} w_h y_{hi}} S \\ &= \frac{\sum_{(h,i) \in I-J} w_h x_{hi}}{\sum_{(h,i) \in I-J} w_h y_{hi}} \frac{\sum_{(h,i) \in I-J} w_h y_{hi}}{\sum_{(h,i) \in J} w_h x_{hi} + \sum_{(h,i) \in I-J} w_h y_{hi}} S \\ &= \hat{R}_b \hat{X}_b S\end{aligned}$$

を飼育している世帯数  $R_b S$  を乗じて推計するということであり、「全国犬・猫飼育実態調査」でもこのような考え方に沿って記述がなされている。

なお、飼育犬頭数推計については、「全国犬・猫飼育実態調査」による推計結果以外にも研究ベースでの推計の試みがある。山本(1996)は、平成 7(1995)年国民生活基礎調査の調査地区から無作為抽出した 298 地区、5,951 世帯に対して犬の飼育頭数を調査し、これに基づいて平成 7(1995)年の飼育犬頭数を 6,779,393 頭と推計している。また、沼田[等](2005)は、環境省が平成 15(2003)年に実施した「動物愛護に関する世論調査」の結果と平成 12 年国勢調査の世帯数に基づき、飼育犬頭数を 1,075 万頭と推計している。

このように、「全国犬・猫飼育実態調査」も含め、いずれの方法でも、サンプル調査を用いて 1 世帯あたりの平均飼育頭数を推計し、さらにこれに世帯総数を乗じるという比推定が採られている。したがって、この推定法の評価にあたっては、補助変量として用いられている世帯総数、1 世帯あた

りの平均飼育頭数のそれぞれについて評価を行うことが必要である。以下において、使用するデータとそれぞれの評価方法について述べる。

## (2) データ

本研究では以下の 3 種類の個票データを用いる。

1. 「平成 22 年全国犬・猫飼育実態調査」(一般社団法人ペットフード協会)
2. 「ペットの飼育についてのアンケート」(本厚生労働科学研究費で実施)
3. 「日本版 General Social Surveys, 2006 年調査(JGSS-2006)」(大阪商業大学 JGSS 研究センター)

「平成 22 年全国犬・猫飼育実態調査(以下、JPFA と略す)」は前節で述べた一般社団法人ペットフード協会による飼育犬頭数の調査である。

「ペットの飼育についてのアンケート(以下、SPB と略す)」は、本研究で独自に行った調査である。これは、前節において述べた、インターネット調査が持つと考えられる、有意抽出に伴うバイアスを傾向スコアを用いて評価する目的で行った調査である。SPB では、郵送調査とインターネット調査の両方の方式で、JPFA の調査項目を含む同項目の調査(サンプル数: 郵送調査 1,140、インターネット調査 1,240)を実施した。

また、既存の無作為抽出による調査として、「日本版 General Social Surveys, 2006 年調査(JGSS-2006, 以下、JGSS と略す)」を利用する。この JGSS は、調査時点が 2006 年とやや時点が離れているが、SPB よりも大きいサンプル数で犬の飼育状況についての調査がされている。また、JGSS では同居世帯員の情報があることから、前節において述べた、個人ベースのデータを用いて

世帯の平均飼育頭数を推定する際のバイアスの評価に必要な情報を得る目的等に使用する。

(3) 補助変数として用いられている世帯総数推計

以下では、「全国犬・猫飼育実態調査」で用いられている

・補助変数として用いられている世帯総数

・1世帯あたりの平均飼育頭数

の推計方法の評価と改善策の検討を行う。

まず、補助変数として用いられている総世帯数を評価する。「全国犬・猫飼育実態調査」では、総世帯数として総務省「住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数」をデータとして用いている。これは、3月31日時点の住民基本台帳による世帯数を毎年把握しているデータであり、「全国犬・猫飼育実態調査」では毎年推計を行う観点からこれを用いているものと考えられるが、これには以下のような問題点がある。

表1は、世帯数を把握している公的統計を比較したものである。住民基本台帳の世帯数は、国勢調査の世帯数(一般世帯)よりも大きい。これには、住民基本台帳が3月31日時点、国勢調査が10月1日時点という調査時期の違いもあるが、ここで掲げた国勢調査の世帯数は「一般世帯」の世帯数であり、施設等の世帯を含まないものであるのに対し、住民基本台帳は施設等の世帯を含み、かつ、住民票に対応して世帯数を数えるため、施設等の世帯に属する世帯数自体も国勢調査よりも多くカウントされることが要因となっている。したがって、飼育犬頭数の推計にあたっては、住民基本台帳の世帯数よりも国勢調査の一般世帯数を利用の方がより適切であるといえる。

しかしながら、国勢調査は5年に1回の調査であり、各年の世帯数が得られない。国民生活基礎

調査は、各年の6月1日時点の世帯数を標本調査で把握している。国勢調査と比較すると、国民生活基礎調査はやや小さめの値となっている。これは、国民生活基礎調査が標本調査であり、また、近年、調査環境の悪化に伴って調査票の回収状況が悪くなってきていることに起因していると考えられる。

また、「全国犬・猫飼育実態調査」では、調査対象から沖縄県が除外されており、補助変数として用いる世帯数についても、沖縄県を除いた世帯数としている。しかしながら、日本全国の飼育犬頭数を推計しようとするのであれば、沖縄県の1世帯あたり平均飼育頭数の状況は沖縄県以外と変わらないと仮定し、全国の世帯数を補助変数として用いなければ過小推計となる。

一方、「全国犬・猫飼育実態調査」では、対象者が20～69歳の男女に限定されている。したがって、この調査からは、20歳未満のみ、あるいは70歳以上のみの世帯員で構成される世帯の実態は把握することができない。

「2009年国民生活基礎調査」によれば、世帯主が20歳未満の世帯は45万5世帯であり、そのうち、44万7千世帯は単独世帯である。また、さらにその単独世帯のうち18万4千世帯は「住み込み・寄宿舎等に居住する単独世帯」であることを考えると、20歳未満のみの世帯員で構成される世帯の飼育犬頭数は無視できるレベルであると考えてよいであろう。一方、70歳以上のみの世帯員で構成される世帯については、飼育犬は存在すると考えられるものの、飼育率や平均飼育頭数はそれ以外の世帯より低いレベルにあると考えられる。しかしながら、「全国犬・猫飼育実態調査」ではこれを同レベルであると仮定して推計を



行っており、過大推計となっている可能性がある。

そこで、これらの補正を行う観点から、以下のような前提の下、まず平成 21(2009)年における全国の国勢調査ベースの世帯数、及び、20 歳未満のみの世帯員で構成される世帯、20~69 歳が少なくとも一人以上いる世帯、70 歳以上のみで構成される世帯に分けた世帯数を推計した。

1. 平成 17(2005)年における国民生活基礎調査と国勢調査の、性別・世帯主年齢階級別・世帯構造別世帯数の比がこれ以降一定であるとす

る。

2. 70 歳以上のみの世帯員で構成される世帯は、単独世帯と夫婦のみ世帯であるとする。

次に、これに住居基本台帳による平成 21(2009)年から平成 22(2010)年への世帯数の伸び率を乗じて平成 22(2010)年における国勢調査ベースの世帯数を推計し、これを飼育犬頭数推計のための補助変数として利用することを提案する。

#### (4) 1 世帯あたりの平均飼育頭数推計

次に、1 世帯あたりの平均飼育頭数の推定について評価する。ここには、さらに細かく分けて以下の 2 つの論点がある。

- ・ 個人データを用いた推計法によるバイアス
- ・ 有意抽出に伴うバイアス

以下、このそれぞれに関するバイアス発生のメカニズムとその補正方法に関して論じる。

##### (4-1)個人データを用いた推計法によるバイアス評価

個人データを用いた推計法によるバイアスを考えるため、「全国犬・猫飼育実態調査」の標本設計と推定量について再度検討する。

「全国犬・猫飼育実態調査」における推定法は前節において述べた通りであるが、この調査の標本が仮に無作為抽出されていたとした場合でも、前節の式の推定法ではバイアスを伴う推定値となる可能性がある。それは、この調査が個人を単位として抽出された調査であるのに対し、これを用いて世帯ベースでの平均飼育頭数を推計しようとしている点に起因する。前節の式によれば、

$$\frac{\sum_{(h,t) \in I} w_h x_{hi}}{\sum_{(h,t) \in I} w_h y_{hi}}$$
 によって推定されるのは、母集団における各世帯の世帯人員を  $U_{hi}$ 、飼育犬頭数を  $X_{hi}$  として、

$$\frac{1}{N} \sum_h \sum_i U_{hi} X_{hi}$$

となる。ただし、 $N$  は全人口である。ここで、世帯人員と飼育犬頭数の間の相関が弱ければ推定値のバイアスは大きいものとはならないが、相関が強い場合、バイアスが大きいものとなる可能性がある。

この、個人を単位として抽出された調査でを用いて世帯ベースでの平均飼育頭数を推計するときには発生しうるバイアスは、もし、JPFA の個票に 20~69 歳の世帯人員が調査されていれば、この逆数をウエイトとして推定を行うことにより補正を行うことができると考えられる。しかしながら、JPFA ではこのデータを取得していないため、直接評価を行うことができない。

そこで、本研究においては、JGSS から、性別・年齢 5 歳階級別・世帯の犬の飼育の有無別というカテゴリ毎に、20~69 歳の平均同居世帯人員数を集計し、この平均同居世帯人員数の逆数をウエイトとして用いた推計を行い、これを用いてバイアスに関する評価を行う。

(4-2)傾向スコアによるインターネット調査のバイアス評価

「全国犬・猫飼育実態調査」はインターネット調査であり、無作為抽出された標本ではない。したがって、ここから求められた1世帯あたりの平均飼育頭数について、有意抽出に伴うバイアスが含まれている可能性がある。この点については、近年、傾向スコアを用いたバイアス補正法が研究されてきている。

このような先行研究の中で、星野(2009)はインターネット調査の補正に関して詳しく論じている。その基本的な考え方は、因果効果推定等で用いられる欠測データの枠組みを用いて問題を定式化するものであり、調査データから傾向スコアを推定して、これによってインターネット調査の補正を行うものである。以下、星野(2009)に基づいて、その考え方を述べる。

以下では、「ネット調査の標本」という用語でインターネット調査に回答した集団を、「無作為抽出の標本」で母集団から無作為に抽出された集団(今回の分析では郵送調査に相当)を表すこととする。今、関心の対象となる結果変数(今回の分析では世帯における飼育犬頭数に相当)について、インターネット調査から得られる回答  $y_{web}$  と従来型調査から得られる回答  $y_{real}$  があるとする。また、 $z$  は割当を表す変数であり、 $z=1$  のときネット調査の標本、 $z=0$  のとき無作為抽出の標本を表すものとする。

このとき、インターネット調査の結果は  $E(y_{web} | z=1)$ 、従来型調査の結果は  $E(y_{real} | z=0)$  となる。両者の違いは、「標本の違い」(抽出方法の違い)と「調査モードの違い」(回答方法の違い:例えば、インターネット調査の

ラジオボタンを使った場合と紙の調査票に記入した場合の回答のずれなど)に分けられるが、この調査モードの違いは大きくないと考えられることから、 $y_{web} = y_{real}$  と仮定する。すなわち、 $E(y_{real} | z=0) = E(y_{web} | z=0)$  であり、インターネット調査の補正の問題は、インターネット調査の結果から  $E(y_{web} | z=0)$  をなるべく精度よく推定する問題に置き換えることができる。これは、Rubinの因果モデルにおいて、 $y_{web}$ 、 $y_{real}$  を潜在的な結果変数、ネット調査の標本を処置群、従来型調査を対照群と考え、処置群において処置がある場合の観測値から、対照群において処置があったとした場合の潜在的な結果変数の期待値を求める問題と同等である。そして、星野(2009)は、傾向スコアを用いた  $E(y_{web} | z=0)$  の推定量として、

$$\hat{E}(y_{web} | z=0) = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{z_i(1-e_i)}{e_i} y_{web_i}}{\sum_{i=1}^N \frac{z_i(1-e_i)}{e_i}}$$

を提案している。

ここで、 $e_i$  は回答者  $i$  に対する傾向スコアの推定値である。傾向スコアは、回答者  $i$  の共変量の値を  $x_i$  として、群1へ割り当てられる確率

$$e_i = p(z_i = 1 | x_i)$$

として定義される。 $e_i$  はロジスティック回帰モデル等によって推定される。また、上の推定量を利用するためには、「強く無視できる割当条件」が成立することが必要とされている。これは、一般に、潜在変数の同時分布  $(y_1, y_0) = (y_{web}, y_{real})$  が共変量  $x$  の値を条件づけると割当変数  $z$  と独立であることとされる。すなわち、

$$(y_1, y_0) \perp\!\!\!\perp z | x$$

という条件である(⊥は独立を表す)。ただし、この例では、 $y_{web} = y_{real}$  を仮定できることから、この条件はやや簡単になり、

$$p(y_{web} | z, \mathbf{x}) = p(y_{web} | \mathbf{x}) = p(y_{real} | \mathbf{x}) (z=1, 0)$$
となる。すなわち、共変量調整による平均値の推定量が無作為抽出標本による平均値に近くなるように共変量を選択するということになり、より正確に補正ができるような共変量調整を行うということを示している。

以上の手法により、傾向スコアを用いたインターネット調査の補正が可能となる。

### C. 研究結果

#### (1) 補助変量として用いられている世帯総数推計

前節で述べた前提に基づいて、2009年国民生活基礎調査のデータを基本としつつ、2009年の国勢調査ベースの世帯数を推計した。推計結果は以下の通りである。

まず、平成21(2009)年の全国世帯数は50,165千世帯、このうち、20歳未満のみの世帯員で構成される世帯が497千世帯、20～69歳が少なくとも一人以上いる世帯数は43,306千世帯、70歳以上のみで構成される世帯が6,361千世帯である。これに、住民基本台帳による平成21(2009)年から平成22(2010)年への世帯数の伸び率0.9172%を乗じることにより、平成22(2010)年における国勢調査ベースの全国世帯数は50,625千世帯、このうち、20歳未満のみの世帯員で構成される世帯が501千世帯、20～69歳が少なくとも一人以上いる世帯数は43,704千世帯、70歳以上のみで構成される世帯が6,420千世帯と推計された。

ただし、平成17(2005)年以降に調査環境の悪

化がより著しくなっている場合、平成17(2005)年以降の国民生活基礎調査と国勢調査の乖離がより大きくなっている可能性があり、その場合、この推計世帯数は過小評価となる。また、平成22(2010)年は国勢調査年であるため、全国の国勢調査ベースの世帯数が把握できる。したがって、平成22(2010)年国勢調査の結果が公表された時点で、それを用いて上記推計世帯数、及び飼育犬頭数推計値も見直すことが望ましい。

#### (2) 1世帯あたりの平均飼育頭数推計

個人データを用いた推計法によるバイアス評価を行うため、JGSSの、性別・年齢5歳階級別・世帯の犬の飼育の有無別、20～69歳の平均同居世帯人員数を集計した。その結果を示したのが、表2である。これによれば、平均同居世帯人員数は犬の飼育がある場合の方がいない場合に比べて大きい値となっていることから、世帯人員数と犬の飼育状況には関連があり、JGSSでは飼育頭数を把握していないことからわからないものの世帯人員数と犬の飼育頭数の間にも相関がある可能性が示唆される。したがって、個人データを用いた推計法は推定量にバイアスを引き起こしている可能性があることがわかる。本研究では、この世帯人員数の逆数をウェイトとして集計を行うことにより、このバイアスを補正する推計法を検討する。

ここで、JGSSはインターネット調査ではないため、インターネット調査ではこの平均同居世帯人員数の傾向が異なる可能性が考えられる。そこで、インターネット調査にこのウェイトを適用する場合には、SPBにおけるインターネット調査と郵送調査の平均同居世帯人員数の比率によりウェイトを調整した上で行うこととした。使用した比率

を示したのが表 3 である。以下では、これらのウエイト調整を行った推定量を「世帯人員ウエイト」と呼ぶこととする。

次に、傾向スコアを用いたバイアス評価について述べる。本研究では、SPB を用いてインターネット調査から郵送調査を推定するための傾向スコアをロジスティック回帰分析により推定し、これを用いて JFPA の飼育犬頭数分布を補正することを考える。本研究では、ロジスティック回帰の説明変数には、JFPA で調査項目となっており、推定に用いることができる変数として以下の項目を投入し、その後の変数の絞り込みは行わないこととした。説明変数として用いられたのは、

- ・性別ダミー(sex)(reference category: 男性)
- ・現在飼育しているペット(Q4\_1\_1~15)
- ・過去 10 年間に飼育していたペット(Q4\_2\_1~15)
- ・今後飼育したいと思うペット(Q4\_3\_1~15)
- ・飼育中の犬の食事(Q7\_1~7)
- ・過去 10 年間に飼育したことがある犬の数(Q9)
- ・年齢 10 歳階級ダミー(age2~age5)(reference category: 20~29 歳)
- ・地域ブロックダミー(area2~area11)(reference category: 北海道ブロック)

である。ロジスティック回帰分析結果を示したものが表 4 である。

このロジスティック回帰分析結果に基づいて傾向スコア  $e_i$  を推定し、 $\frac{1-e_i}{e_i}$  によるウエイトを乗じてインターネット調査の補正を行うこととした。以下では、世帯人員数のウエイト調整と傾向スコアによるウエイト調整の両者による調整を行った推定量を、単に「傾向スコアウエイト」と呼ぶこととす

る。

まず、「全国犬・猫飼育実態調査」において利用されている、「犬を飼育している世帯数割合」、「1 世帯あたり平均飼育頭数(犬を飼育している世帯)」の 2 つの指標が、世帯人員ウエイト、傾向スコアウエイトによる調整によってどのように変化するかを見ることとする。表 5 は JFPA、SPBI、SPBP のそれぞれについて、「調整なし(人口ウエイトのみ)」、「世帯人員ウエイトによる調整」、「傾向スコアウエイトによる調整」のそれぞれのケースに対応した、「犬を飼育している世帯数割合」を示したものである。まず、調整なし(人口ウエイトのみ)と世帯人員ウエイトによる調整を比較すると、どの調査においても世帯人員ウエイト調整により飼育世帯割合は減少している。これは先に見たように、犬の飼育の有無別に 20~69 歳の平均同居世帯人員数に違いがあることを反映したものである。また、インターネット調査と郵送調査ではその値に差があり、ここに有意抽出によるバイアスの存在が示唆されている。次に、世帯人員ウエイトと傾向スコアウエイトによる調整を見ると、JFPA、SPBI とも飼育世帯割合は SPBP のレベルまでではないが増加しており、有意抽出に起因するバイアスは一定程度補正されていることがわかる。

次に、表 6 から「1 世帯あたり平均飼育頭数(犬を飼育している世帯)」について同様の観察を試みよう。本研究においては、世帯人員ウエイトの調整は飼育犬の有無のみに基づいて行っているため、調整なし(人口ウエイトのみ)と世帯人員ウエイトの間の変化はない。一方、傾向スコアウエイトによる調整ではあまり大きな変化ではないものの、やや平均頭数が減少しており、一見すると