

A Review of Stress Indicators for Sea Turtles

Naoto K. Inoue

Abstract

爬虫類において、ストレスに応じて HPA 系が活性することで分泌される糖質コルチコイドは、負の福祉を表す指標として用いられてきた。ウミガメにおいても、混獲、繁殖、熱、血液採取、人との接触などで、糖質コルチコイドの一種であるコルチコステロンの濃度が上昇することが示されている。しかし、裏を返せばコルチコステロンは様々な要因で変動しうるため、ストレスの指標として用いるためには、変動要因を特定することのできる実験設定を行うことが重要となる。そこで本論では、ウミガメのストレスを評価した先行研究と測定技術についてレビューを行い、コルチコステロンを測定する上で注意すべき点を確認し、2024 年夏から大槌沿岸センターで行う実験の計画を具体化した。

1 導入

ウミガメを含む爬虫類において、ストレス反応は負の福祉を表す指標として用いられてきた [7, 8, 18]。ストレス反応は、外界からの刺激により、心身のバランスが崩れた際に起こる反応のことである。ストレス反応が起こると、自律神経系である視床下部－交感神経－副腎髄質系 (Sympathetic Adrenal Medullary; SAM) とホルモン分泌を引き起こす視床下部－下垂体前葉－副腎皮質系 (Hypithalamic Pituitary Adrenal; HPA) の 2 つの生理的経路が活性化される [4, 7, 18]。

SAM 系が活性化されると、血液中にカテコールアミンが放出され、血圧上昇、発汗、血糖上昇、覚醒、臨戦態勢などの反応が導かれる一方で、HPA 系が活性化されると、血液中に糖質コルチコイドが放出され、血圧上昇、血糖上昇、筋収縮、心拍上昇などの反応が導かれる [4, 18]。ここで、外部刺激に対して SAM 系は迅速かつ短期的な応答を示すため、自然下や飼育下の動物においてカテコールアミンの測定から高い信頼性でストレスを評価することは困難である [7, 18]。一方、HPA 系は長期的な応答を示すため、爬虫類における HPA 系の活性指標であるコルチコステロンはストレス指標として広く用いられている [7, 8]。しかし、ウミガメを含め爬虫類においては、これらの値を測定した研究自体が少ない。さらに、SAM 系に比べると長期的な応答であるとはいえ、外部刺激や時間をはじめとする様々な要因によってコルチコステロン濃度は変化しうる [7, 8, 18]。それゆえ、コルチコ

テロンからストレスを評価するには、ストレスを引き起こしうる要因をできるだけ定量化する必要がある。

それゆえ本論では、混獲されたアオウミガメ、アカウミガメのストレス指標を測定した Jssop et al. (2002a) [14]、Gregory et al. (1996) [10] の研究に加え、比較的最近行われた研究である、混獲されたアオウミガメのストレス指標を測定した Renan de Deus Santos et al. (2017) [17] を中心としてレビューを行い、コルチコステロン値に影響を与える要因について調べた。また、コルチコステロンの測定法についてもまとめた。そして、これらのレビューの結果を踏まえ、2024 年夏から大槌沿岸センターにて行う実験計画を具体化した。

2 ストレス指標のレビュー

2.1 Jessop et al. (2002a) [14]

彼らは、繁殖期のオスのウミガメへのストレスが繁殖成功に与える影響を調べるために、グレートバリアリーフのヘロン島にて、繁殖期と非繁殖期のオスのアオウミガメを拘束状態におき、コルチコステロンとアントロゲン(精巣から分泌される男性ホルモン)を調べた。ストレス下で繁殖成功率を下げないためには、コルチコステロン自体の発生が抑制されるか、アントロゲンの減少が抑制される必要がある。それゆえ、1つの目的はこれらの相互作用を調べることであった。また2つ目の目的は、繁殖中のウミガメにおいてこれらの相互作用が身体的特徴である曲甲長やBCI(体重/曲甲長; 健康状態の指標)によって変化するのかを調べることであった。

繁殖シーズン直前の8月中旬と繁殖シーズンである10月中旬にオスを捕獲したのち、個体を繁殖不可能(NB)、繁殖可能だが未繁殖(PMB)、繁殖者(MB)の3つのカテゴリに分類した。血液は捕獲後3分以内に1度採取し、ウミガメを8時間裏返しで拘束したのち、2度目の採取を行った。採取においては頸静脈洞から1-2mlの血液サンプルを採取し、ヘパリン化された容器に入れて氷上で保管した(6時間以内)。その後、6000rpmで5分間遠心分離を行うことで血漿を取得し、液体窒素中で凍結した。コルチコステロンの測定には、RIA(放射性免疫測定法)を用いた。

測定された2種のホルモンに関して、3つのカテゴリでコルチコステロンは拘束後有意に増加したが、その増加量はMBで最も低く、NBで最も大きかった(図1-a)。一方、アントロゲンの平均値はPMB、MB、NBの順に高く、各値は有意に異なっていたが、拘束後はMBでのみ有意に減少し、PMBとNBでは増加傾向が見られたものの有意には変化していなかった(図1-b)。

MBにおいて、曲甲長と拘束前後のコルチコステロンの変化量の間に有意な関係性は見られなかつ

たが(図 2-a, 三角印)、BCI が大きい値を示すほどコルチコステロンの変化量は有意に小さくなり、BCI が平均(残差が 0)以上の個体では変化量がほとんど 0 であった(図 2-b, 三角印)。一方、曲甲長が大きいほどアントロゲンの変化量は有意に大きくなり、95cm を超える個体ではその変化量がほぼ 0 であった一方(図 2-a, 丸印)、BCI との関係性はみられなかった(図 2-b, 丸印)。

これらの結果から、体サイズが大きく良い健康状態の個体は、拘束前後でコルチコステロンとアントロゲンはほとんど変化しない一方で、小さく健康状態の悪い個体は、拘束後にコルチコステロンが大幅に上昇し、アントロゲンは大幅に低下したことがわかる。これは、成熟するほどストレス応答に対する反応が弱くなりコルチコステロンの分泌が減る一方で、小さく健康状態の悪い個体はストレスに対して過敏に反応し、アントロゲンの分泌を抑制することでエネルギーを制限している可能性を示唆している。

2.2 Gregory et al. (1996) [10]

彼らは、フロリダのケープカナベラル沿岸域において、トロール漁(6-8 月と 1-3 月)と刺し網(5 月-11 月)によって混獲されたアカウミガメのコルチコステロン濃度を調べた。彼らの主目的は、自然下のアカウミガメのコルチコステロン濃度の基準値を提供することであった。

トロール漁と刺し網で混獲されたアカウミガメは、目撃後回収され、T-0、T-30、T-60、T-180、T-360(数字は回収後 n 分経過したことを示す)にて血液を採取した。すべての血液サンプルは、頸静脈から採取し、ヘパリンナトリウム管に保管した。採取直後、サンプルは 1200 g(半径が分かれば rpm と 1 対 1 の関係にある)で 5 分間遠心分離した。取得した血漿は 15 分以内に液体窒素で凍結し、測定まで -70°C で保存した。血液サンプルからは、コルチコステロン、テストステロン(アントロゲンの一種)、エストラジオール(アントロゲンの一種)を測定した。コルチコステロンの測定には RIA を用いた。また、血液採取の合間にはウミガメを裏返して拘束した。

トロールによって混獲されたカメの T-0 コルチコステロン濃度は $2.07 \pm 0.35 \text{ ng/ml}$ であったのに対し、刺し網で捕獲されたものは $0.55 \pm 0.15 \text{ ng/ml}$ であった。これらの違いは、トロールは混獲されたのちに回収するまで平均して 37 分程度要したのに対し、刺し網は 8 分程度しか要さなかったことに関連している。

トロールで捕獲された個体のうち、夏に捕獲された小さいカメの T-0 コルチコステロン濃度は $4.71 \pm 0.96 \text{ ng/ml}$ であり、他のグループ(夏-大きい... $1.19 \pm 0.08 \text{ ng/ml}$; 冬-小さい... $1.26 \pm 0.24 \text{ ng/ml}$; 冬-大きい... $1.04 \pm 0.22 \text{ ng/ml}$)に対して大きかった。トロール漁で捕獲された個体や夏に捕獲された個体の総排泄口の温度は、刺し網で捕獲された個体や冬に捕獲された個体よりも高かった。この結果は、

温度が高い時に代謝率が高くなり、コルチコステロンの分泌が促進されることを示唆していると考えられる。しかし、大型の個体において違いは見られないため、サイズ(成熟)に応じて代謝やストレス応答が変化する可能性を示している。

T-0 から T-360 では、コルチコステロンの値は有意に変化した。しかし、トロールと刺し網の間でその変化に大きな違いは見られなかった(図 3)。これは、甲板上で行った作業によって新たなストレス反応が生じ、コルチコステロン値の時間変化がリセットされたためだと考えられる。またトロールで捕獲された個体に関しては、夏に捕獲された小さな個体は他のグループに比べてコルチコステロンの値が高かった(図 4; A-四角印)。また、夏に捕獲された大きな個体と冬に捕獲された小さな個体において、コルチコステロンの時間変化は類似していた(図 4; A-菱形; B-四角)。これらの変化に対し、冬の大きな個体では時間変化はみられなかった(図 4; B-四角)。この結果は、サイズが大きくなる、すなわち成熟するとともに、ウミガメのストレス応答が鈍化する可能性を示している(Jessop et al. 2002 の結果も参照のこと)。

2.3 Renan de Deus Santos et al. (2017) [17]

彼らは、ブラジルのエスピリト・サントにおいて、混獲されたアオウミガメのフィブロパピロマ(皮膚疾患)の重症度(FP0-FP3; 数が大きくなるほど重篤)と、コルチコステロン、グルコース(SAM系... アドレナリンとノルアドレナリンの放出によって肝臓から生成; HPA系... コルチコステロンの分泌によってグルコース生成が促進される)、乳酸(糖分解によって生成)、ヘマトクリット(赤血球が血液中で占める割合の変化)の値を調べた。彼らの主目的は、FPに応じたストレス反応の変化が適応度に及ぼす影響を調べることであった。

捕獲個体の血液採取は、捕獲後5分以内に一度行った後、ウミガメをプラスチックケースに入れて1時間放置した後にもう一度行った。頸静脈から採取した血液はナトリウムヘパリンを含むチューブに保管した。摂取した全血はヘマトクリットの測定に利用し、接種後30分以内に遠心分離を行って得た血漿はその他の指標の測定に利用した。サンプルを実験室に輸送する際は8°Cに保ち、計測まで-80°Cに保った。コルチコステロンの測定には、ELISA(酵素免疫測定法)を用いた。

解析の結果、ウミガメのサイズとコルチコステロン値の間に関連性は見られなかったが、1回目の測定と2回目の測定の間では、FP3を除くFP0,1,2において値が有意に高かった。グルコース濃度は1回目と2回目の測定でFP0と1のみ有意に上昇した。また、乳酸は1回目から2回目で上昇した傾向が見られたが、FP0から4すべてで有意な上昇ではなく、ヘマトクリットでは上昇傾向もみられなかった(図 5)。グルコースはコルチコステロンによって生成が促進されるため、FP2や3における2

111 回目の測定でグルコース値が有意に上昇しなかったことは、フィブロパピロマによってグルコース生
112 成が阻害されていることを示唆している。さらにこれらの結果は、フィブロパピロマによって採餌が
113 阻害され、栄養状態が悪くなっていることと関連する可能性がある。

114 3 技術面のレビュー

115 3.1 血液の採取 [3]

116 ウミガメは赤血球が大きく、溶血の可能性があるため、注射針には22ゲージ以下のものを用いる。
117 血液採取には注射器を用い、採取した血液は凝固を防ぐため即座にヘパリン化する。

118 頸部で採血可能な場所は2箇所ある。1つ目は、図6の黄色矢印に位置する頸部血管である。項甲
119 板と第1椎甲板の境目からスタートし頭蓋の端まで3分の1程度のところ目安とし、皮膚に対して垂
120 直に注射針を刺して採血する。この箇所は信頼性の高い採血結果を得ることができるが、首を伸ばす
121 必要がある点から、注射の維持が難しい

122 2つ目は、図7の甲羅下静脈洞である。正中線に沿って1cm程度項甲板から離れたところを目安と
123 し、体の長軸に対して並行に注射針を刺して採血する。ウミガメが暴れている場合でも、比較的容易
124 に採血が可能な箇所であるため、今回の実験ではこちらが望ましい。

125 3.2 コルチコステロンの測定 [1, 2, 5]

126 コルチコステロンの測定法には、RIA法(放射性免疫測定法)とERISA・EIA法(酵素免疫測定法)
127 と呼ばれる手法がある。RIAは、測定対象である抗原Aと結合する抗体Cと、抗原Aと競合しつつ
128 抗体Cと結合する放射性抗原Bを用いる方法である。RIAでは、サンプル中の抗原Aが多いほど、
129 結合する放射性抗原Bが少なくなることを利用して、抗原Bと抗体Cを加えたのちに測定された放
130 射エネルギーから、抗原Aの量を算出する。

131 RIAが放射性抗原Bを用いていたのに対し、EIA(競合法)は抗原Aと競合する酵素抗原Dを用い
132 る方法である。EIAでは、サンプル中の抗原Aが多いほど、結合する抗原Dが少なくなり、のちに
133 酵素反応をした際に発色が弱くなる(吸光度が低くなる)。EIAはこの原理を利用して抗原Aの量を算
134 出する。RIAは、古くから用いられてきた手法であるが、放射物質を扱う点と測定に高価な機器が必
135 要であることから、近年ではELISA法が主流となっている。

136 以下では、アカウミガメのコルチコステロンの測定実績のある矢内原研究所のコルチコステロン測
137 定キット、YK240 Corticosterone EIAを用いた測定手順を簡潔にまとめた。

手順 1-1. 実験器具や環境に依存した吸光度 (B/Bo%) との関係式を作成するための、濃度が既知のコルチコステロン溶液 (以下標準液と呼ぶ) を作成する。

手順 1-2. 標識コルチコステロン (抗原 D に相当、標識体と呼ぶ) を希釈し標識体溶液を作成する。

手順 1-3. 濃縮洗浄液 (生理食塩溶液) を希釈し、洗浄液を作成する。

手順 1-4. 遠心分離によって得た血漿 (抗原 D に相当) を検体希釈液で希釈する。

手順 2. プレート上のウェル (溶液を入れる区画) を洗浄液で洗浄する。

手順 3. 各ウェルに標準液、または希釈検体を入れる。これらを入れた各ウェルに追加で標識体溶液と特異抗体 (抗体 C に相当) を入れる。なお、プレート上には競合抗原 A がはじめから固定されている。

手順 4. 測定プレートを密閉しプレートシェーカー (専用器具) で反応させる。

手順 5. 各ウェルの溶液を除き、手順 2 の洗浄操作を複数回行う。

手順 6. 各ウェルに酵素基質液を加える。

手順 7. 再びプレートシェーカーで反応させる。

手順 8. 各ウェルに酵素反応停止液を加える

手順 9. マイクロプレート吸光度計 (専用器具) を用いて各ウェルの吸光度を測定する。

手順 10. 標準液を入れたウェルの結果から作成したコルチコステロン濃度と吸光度の関係式を用いて、検体を入れたウェルの結果から検体の濃度を算出する。

大槌にプレートシェーカーとマイクロプレート吸光度計はない。また、研究所に問い合わせたところ 4300 円/検体であるため、現在応募している研究費が当たれば委託する方が信頼性の高い結果を得ることができるだろう。

4 議論

4.1 追加のレビュー

上記でレビューした先行研究では、サイズ (成熟段階) や混獲の種類、体温、そして皮膚疾患がコルチコステロンの値に影響を及ぼすことがわかった。これらに加え、繁殖行動や繁殖密度 [11, 12]、産卵時の熱 [13] に応じてコルチコステロン値が変動することから、コルチコステロン値はウミガメにおいて標準的なストレス反応の指標であるといえる。しかし、導入で述べたように、裏を返せばコルチコステロンはさまざまな要因に影響を受ける [8, 10]。

Gregory et al. (1996) では検証できなかった時間もコルチコステロン濃度に大きな影響を与える。
Jessop et al. (2002b) [15] は、飼育下にあるアオウミガメのコルチコステロン値が日周活動によって変
動し、夜間 (0-2ng/ml) に比べて日の出から日の入りにかけて高いレベル (4-6ng/ml) を示す一方、自然
下の個体では日周変動は見られないことを示した (平均約 2ng/ml)。また、Flower et al. (2015) は営巢
中・飼育下のアカウミガメのコルチコステロン値をさらに細かい期間で測定し、血液検査の刺激を与
えた 3 分以降に値が 2ng/ml から 2.5ng/ml に上昇することを示した。

さらに、時間は他の要因と複雑に相互作用する可能性がある。Aguirre et al. (1995) [6] は、混獲後の
アオウミガメのコルチコステロンが、健康個体では 1-3 時間でピーク (2ng/ml) に達する一方、フィ
ブロパピロマが存在する個体では 24 時間経過しても増加傾向にある (24 時間後で 6ng/ml) ことを示
した。

これらの結果も併せて考えると、実験の際には以下の要因に注意すべきである。

要因 1. 身体的特徴 (甲長、BCI、体温、皮膚疾患)

要因 2. 外部刺激 (漁法、実験室への輸送、人との接触、血液検査)

要因 3. 時間 (時刻、刺激からの経過時間)

このうち要因 2 は、Gregory et al. (1996) [10] の研究を踏まえると、すべての刺激を一つにまとめ、実
験室で血液を採取した時点を最終的な刺激と考える必要があるだろう。また、要因 3 の時刻に関して
は、Jessop et al. (2002b) [15] の結果を踏まえると日中の変動は少ないため、時間単位で実験を設定す
ればよいと思われる。

4.2 具体的な実験計画の提案

これまでのレビューの結果を踏まえ、実験計画を具体化した。

手順 1. 混獲の連絡が 6 時台に入り次第、軽トラックで現場に向かう。漁法と混獲されたおおよその
時間、漁港に到着した時刻を記録し、実験室まで個体を輸送する。

手順 2. 7 時から 8 時の間に実験室に到着し、個体を実験水槽の横に設置したプラスチックケースに入れ、
総排泄口の温度を測定する。そして採血箇所 2 から血液採取を行ったのち、実験用の FRP
水槽 (1.6×1.2×0.8m) に個体を移動させ、1 時間行動を撮影する。以降は血液の採取と 1 時間の
撮影を 3 回繰り返して行い、1 個体につき 4 つの血液サンプルと 3 時間の動画を取得する。動
画を撮影している間、採取した血液を 6000rpm で遠心分離にかけ、血漿を分離し-20℃ の冷凍
庫に保管する。

193 手順 3. 撮影終了後、個体の甲長、BCI、皮膚疾患の有無、外部損傷の有無を記録する。また、保管し
194 ていた血液サンプルをセンターに輸送し-80℃の冷凍庫で保管する。

195 手順 4. 全ての個体の測定が終了したのち、ドライアイスと共に血漿を発泡スチロールで梱包し矢内
196 原研究所にヤマト便で郵送する(規定)。

197 大槌で生きて混獲される個体数が年 20 前後であることから、これらの実験に際し、注射器とヘパリ
198 ン採血管がそれぞれ 80(20×4) 本以上、付属のラベル 80 枚以上、データシートを事前に用意する(備
199 忘録)。

200 これらの実験によって、まずはコルチコステロン値と遊泳パターンの関連性を調べる。次に、コル
201 チコステロン値に影響を及ぼす要因 1-3 の影響を GLMM(一般化線形混合モデル)を用いて調べる。そ
202 して、GLMM によってコルチコステロンに与える影響の大きな要因によってグルーピングを行い、各
203 グループで遊泳パターンの傾向を調べる。コルチコステロンの値に応じて遊泳パターンに傾向が見ら
204 れる場合には、ストレス反応として有益な指標が提供できる。コルチコステロン値と遊泳パターンに
205 関連性が見られないが、要因 1-3 と関連性がある場合には、行動は総合的なストレスではなく他の要
206 因 1-3 によって制御されていることが示唆される。また、コルチコステロンと要因 1-3 との間に関連性
207 が見られない場合においては、個体ごとにストレスを考慮する必要性を定量的に示すことができる。

References

- [1] JRAM. ラジオイムノアッセイ. <https://j-ram.org/ria/>
- [2] MBL ライフサイエンス. ELISA 法の原理と方法. <https://ruo.mbl.co.jp/bio/support/method/elisa.html>
- [3] WIDECAST. Sample Collection Techniques. <https://seaturtleguardian.org/sample-collection-techniques>
- [4] 田中喜秀, & 脇田慎一. (2011). ストレスと疲労のバイオマーカー. 日本薬理学雑誌, 137(4), 185-188.
- [5] 株式会社 矢内原研究所. YK240 Corticosterone RIA 取り扱い説明書. https://yanaihara.co.jp/lee-kit/YK240_Corticosterone/Yk240_Corticosterone_jpn_090929.pdf
- [6] Aguirre, A. A., Balazs, G. H., Spraker, T. R., & Gross, T. S. (1995). Adrenal and hematological responses to stress in juvenile green turtles (*Chelonia mydas*) with and without fibropapillomas. *Physiological Zoology*, 68(5), 831-854.
- [7] Benn, A. L., McLelland, D. J., & Whittaker, A. L. (2019). A review of welfare assessment methods in reptiles, and preliminary application of the welfare quality® protocol to the pygmy blue-tongue skink, *Tiliqua adelaidensis*, using animal-based measures. *Animals*, 9(1), 27.
- [8] Diggins, R., Burrie, R., Ariel, E., Ridley, J., Olsen, J., Schultz, S., ... & Lloyd, J. (2022). A review of welfare indicators for sea turtles undergoing rehabilitation, with emphasis on environmental enrichment. *Animal Welfare*, 31(2), 219-230.
- [9] Flower, J. E., Norton, T. M., Andrews, K. M., Nelson Jr, S. E., Parker, C. E., Romero, L. M., & Mitchell, M. A. (2015). Baseline plasma corticosterone, haematological and biochemical results in nesting and rehabilitating loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). *Conservation Physiology*, 3(1), cov003.
- [10] Gregory, L. F., Gross, T. S., Bolten, A. B., Bjørndal, K. A., & Guillette Jr, L. J. (1996). Plasma corticosterone concentrations associated with acute captivity stress in wild loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). *General and comparative endocrinology*, 104(3), 312-320.

- [11] Jessop, T. S., FitzSimmons, N. N., Limpus, C. J., & Whittier, J. M. (1999). Interactions between behavior and plasma steroids within the scramble mating system of the promiscuous green turtle, *Chelonia mydas*. *Hormones and Behavior*, 36(2), 86-97.
- [12] Jessop, T. S., Limpus, C. J., & Whittier, J. M. (1999). Plasma steroid interactions during high-density green turtle nesting and associated disturbance. *General and Comparative Endocrinology*, 115(1), 90-100.
- [13] Jessop, T. S., Hamann, M., Read, M. A., & Limpus, C. J. (2000). Evidence for a hormonal tactic maximizing green turtle reproduction in response to a pervasive ecological stressor. *General and Comparative Endocrinology*, 118(3), 407-417.
- [14] Jessop, T. S., Knapp, R., Whittier, J. M., & Limpus, C. J. (2002). Dynamic endocrine responses to stress: evidence for energetic constraints and status dependence in breeding male green turtles. *General and Comparative Endocrinology*, 126(1), 59-67.
- [15] Jessop, T. S., Limpus, C. J., & Whittier, J. M. (2002). Nocturnal activity in the green sea turtle alters daily profiles of melatonin and corticosterone. *Hormones and behavior*, 41(4), 357-365.
- [16] Mellor, D. J. (2017). Operational details of the five domains model and its key applications to the assessment and management of animal welfare. *Animals*, 7(8), 60.
- [17] Renan de Deus Santos, M., Dias Ferreira Júnior, P., Cardoso Nóbrega, Y., Merçon, J., Miura Pereira, T., & Carvalho Gomes, L. (2017). Stress response of juvenile green sea turtles (*Chelonia mydas*) with different fibropapillomatosis scores. *Journal of wildlife diseases*, 53(3), 653-656.
- [18] Silvestre, A. M. (2014). How to assess stress in reptiles. *Journal of Exotic Pet Medicine*, 23(3), 240-243.

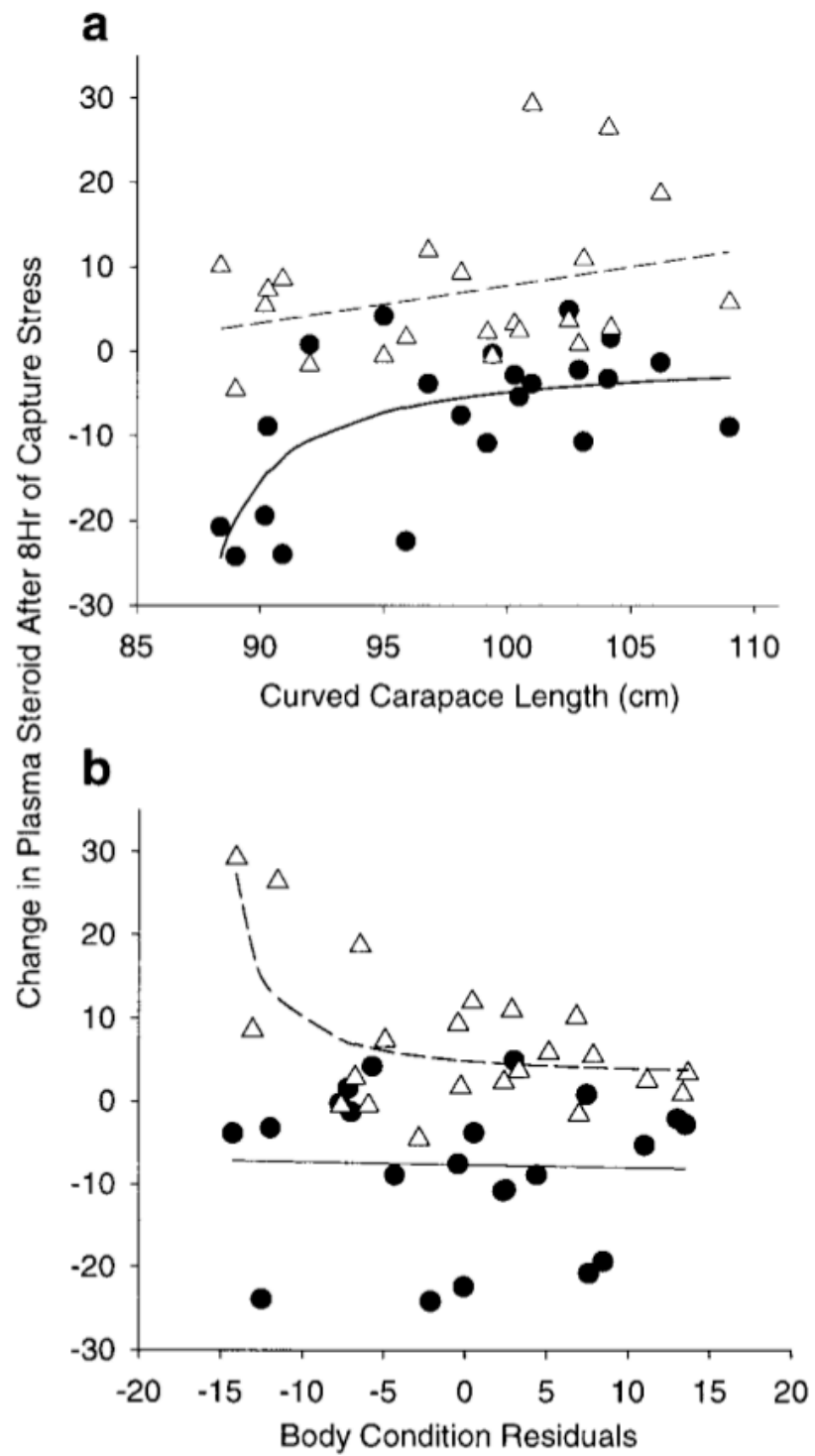


Figure 2: オスのアオウミガメの (a) 曲甲長と (b)BCI に対する、拘束前後の (三角印) コルチコステロンと (丸印) アントロゲンの変化。

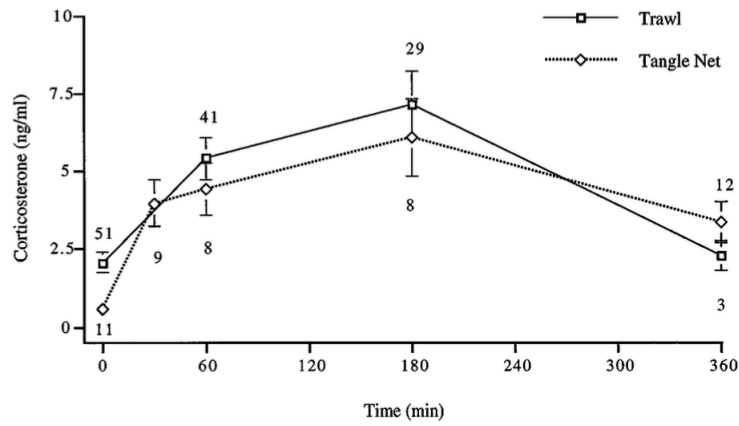


Figure 3: トロール (四角) と刺し網 (菱形) でのコルチコステロン濃度の時間変化

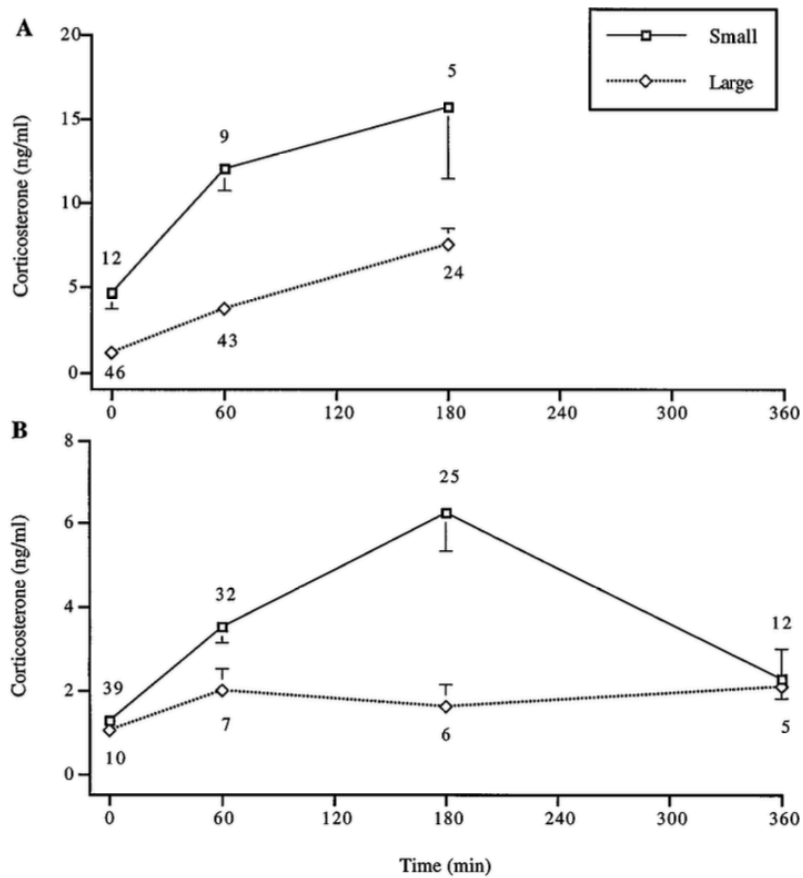


Figure 4: (A) 夏と (B) 冬における、小さい個体 (四角) と大きい個体 (菱形) のコルチコステロン濃度の時間変化

Sampling	FP score	Total corticosterone (ng/mL)	Glucose (mg/dL)	Lactate (g/dL)	Hematocrit (%)
Hour 0	0	6.4±2.2 a	83.3±4.4 a	6.3±1.4 a	29.3±29.80 ab
	1	3.7±1.9 a	76.8±2.9 a	4.9±0.7 a	36.0±3.13 a
	2	3.6±0.8 a	85.0±3.7 a	6.8±0.7 a	31.1±2.80 ab
	3	2.3±0.2 a	81.3±5.8 a	4.9±1.3 a	26.9±3.34 b
Hour 1	0	12.1±3.4 a*	102.9±6.9 ab*	8.6±1.7 a	32.4±2.80 ab
	1	7.5±3.1 a*	116.9±5.1 a*	8.6±1.3 a	35.1±3.13 a
	2	9.0±1.7 a*	95.5±5.0 b	8.8±1.5 a	31.5±2.80 ab
	3	5.7±0.8 a	86.9±4.1 b	5.9±0.8 a	24.3±3.34 b

Figure 5: 1 度目の測定 (0hour) と 2 度目の測定 (1hour) における、FP スコアごとのコルチコステロン、グルコース、乳酸、ヘマトクリットの値

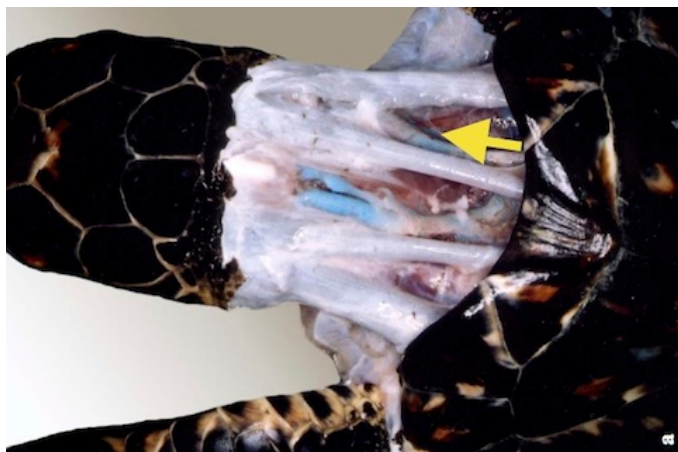


Figure 6: 採血箇所 1、背部頸静脈



Figure 7: 採血箇所 2、甲羅下静脈