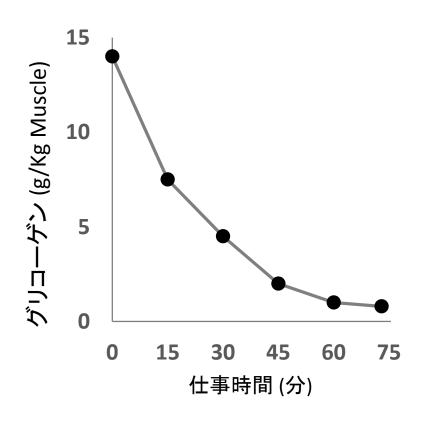


超回復! うま味で拓く筋肉のトビラ

福岡大学 スポーツ科学部 運動生理学 教授 檜垣 靖樹

グリコーゲンとパフォーマンスの関係





Jonas Bergstrom, et al, 1972

グリコーゲン量とエネルギー

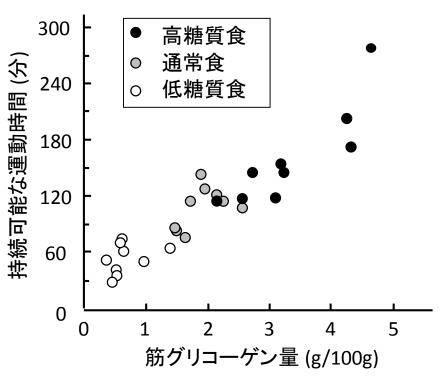
	g	kcal
肝臓	110	451
骨格筋	250	1,025
体水分量	15	62
合計	375	1,538

Note. 体重65kg (体脂肪12%)の場合

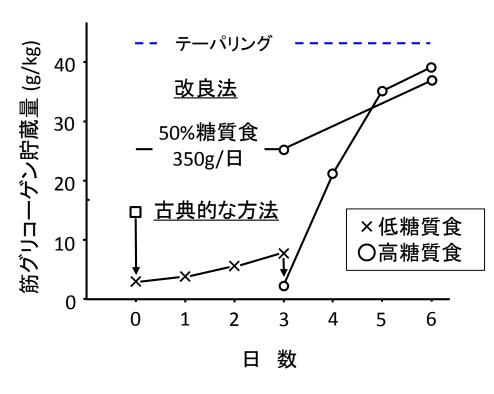
グリコーゲン/カーボローディング



カーボローディングとはマラソンなどの<u>試合</u>前に<u>炭水化物</u>を多量に摂取し、運動の エネルギー源をより多く筋肉中および肝臓に蓄えることを目的とした食事の形式。



Bergstrom et al., 1967, Acta Physiol Scand



Sherman et al., 1981, Int J Sports Med

カーボローディングのメリット・デメリット



メリット

- スタミナの増加
- 脱水 暑熱対策

デメリット

- 体重の増加
- 食事コントロール
- テーパリング

【パフォーマンスの向上が報告されている競技】

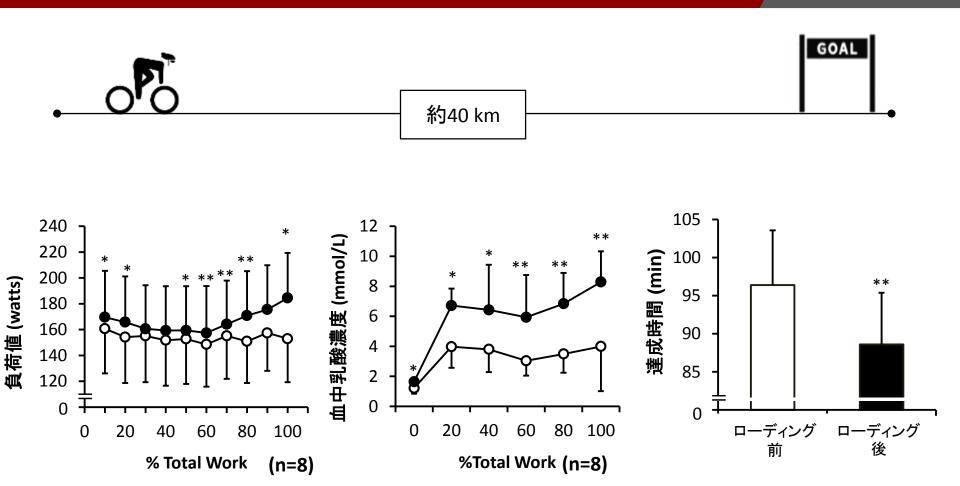
- ランニング (Karlsson et al., 1971; Williums et al., 1992)運動可能時間タイムトライアル
- サイクリング (Maughan et al., 1981; Widrick et al., 1993; Burke et al., 2000)
 運動可能時間
 タイムトライアル
- サッカー (Balsom et al., 1992)
- スカッシュ (Raman et al., 2014)





タイムトライアルパフォーマンス





平均値 ± SD. ローディング〇前, ●後. ローディング前との差 * P < 0.05, **P < 0.01



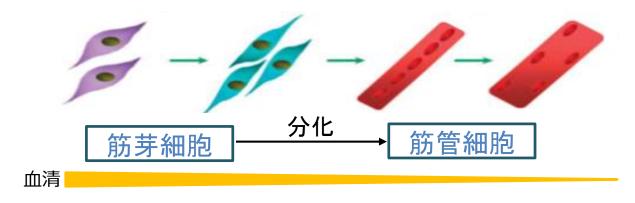
1. 培養細胞(C2C12細胞)における イノシン酸の影響

- 2. マウスにおける骨格筋内グリコーゲン量の検討
- 3.イノシン酸によるC2C12細胞のミトコンドリア機能への影響

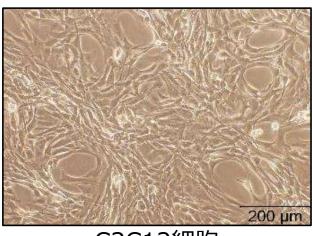
マウス横紋筋由来筋芽細胞(C2C12細胞)



In vitroでの骨格筋分化実験での使用頻度が高い



(Zammit, et al.J Histochem Cytochem, 2006)



C2C12細胞



イノシン酸



- ✓ プリンヌクレオチドの中間代謝産物
- ✓ 魚・肉・鰹節などに含まれるうま味成分のひとつ
- ◆ これまでのイノシンについての研究

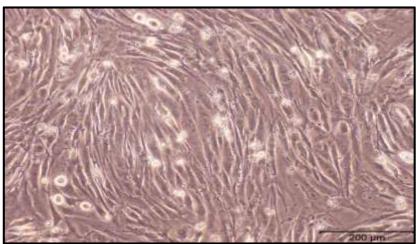
O HO-P-O OH OH A/シン酸(分子量348)

- ✓ マウス脊髄細胞の細胞生存率を上げる
- ✓ 網膜神経細胞において神経線維の伸展を促進する (Mikami,Muto et al. Scientific Reports 2014)
- ✓ 肝細胞におけるグリコーゲン分解、糖新生速度の増加をもたらす (Guinzberg R et al.2006)
 - → 筋肉におけるイノシン酸の効果についての研究はない

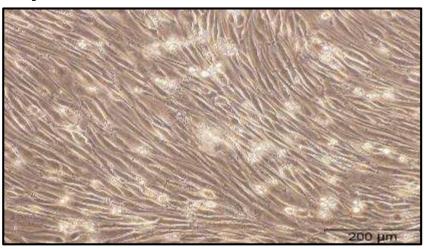
筋管細胞への分化誘導 (分化4日目)



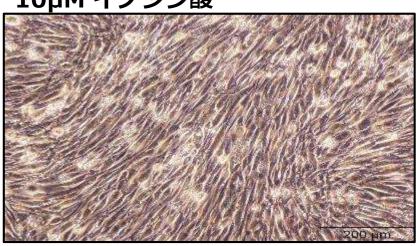
イノシン酸なし



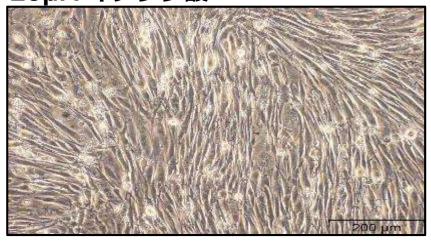
5μM イノシン酸



10μΜ イノシン酸

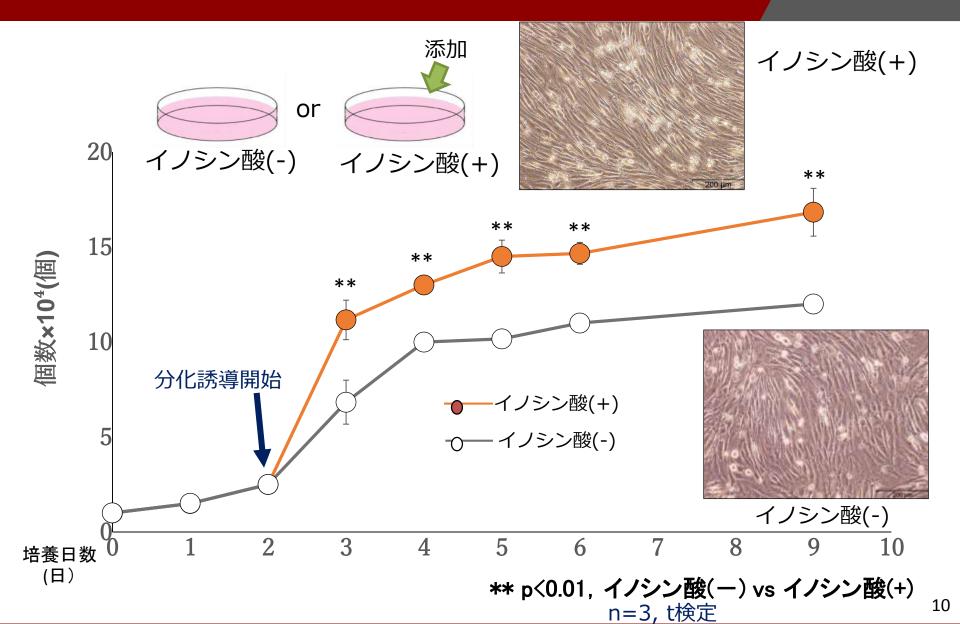


20µM イノシン酸



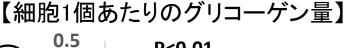
細胞の増殖

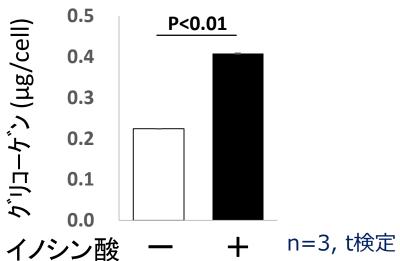




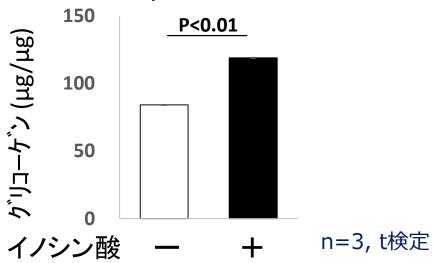
グリコーゲンの量

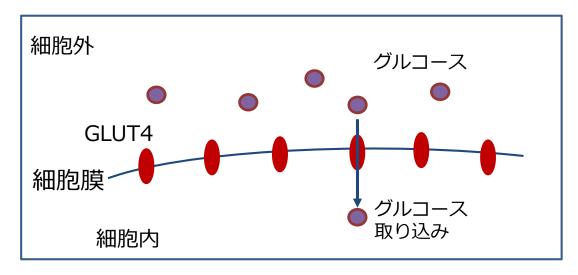


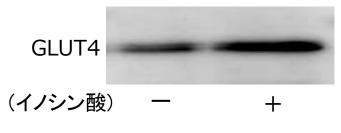




【タンパク質1µ gあたりのグリコーゲン量】



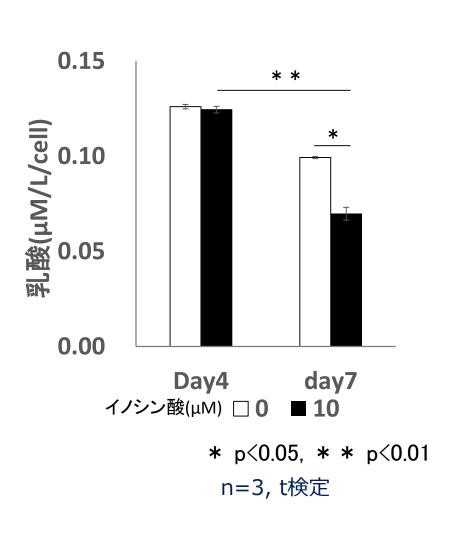


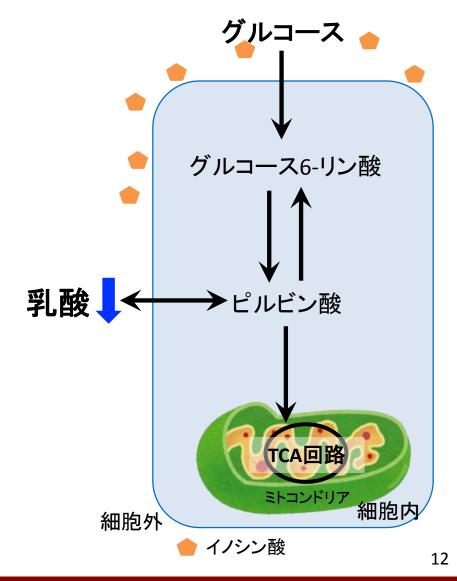


11

培養上清中の乳酸濃度









1. 培養細胞(C2C12細胞)におけるイノシン酸の影響

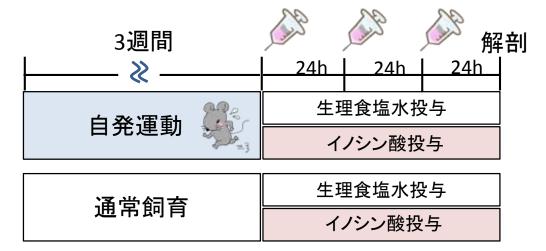
2.マウスにおける 骨格筋内グリコーゲン量の検討

3.イノシン酸によるC2C12細胞のミトコンドリア機能への影響

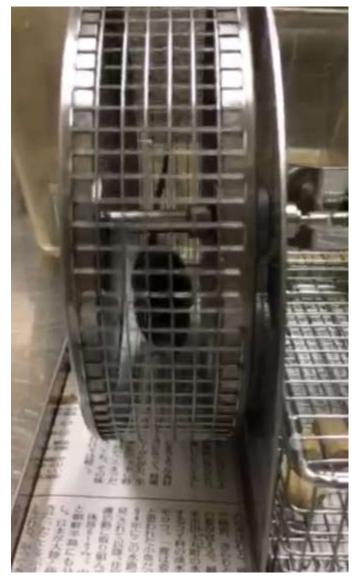
動物実験デザイン



- ロマウス: C57BL/6J, 4週齢,♂
- ロイノシン酸 0.2mg/g body weight
- □腹腔内投与(3回)

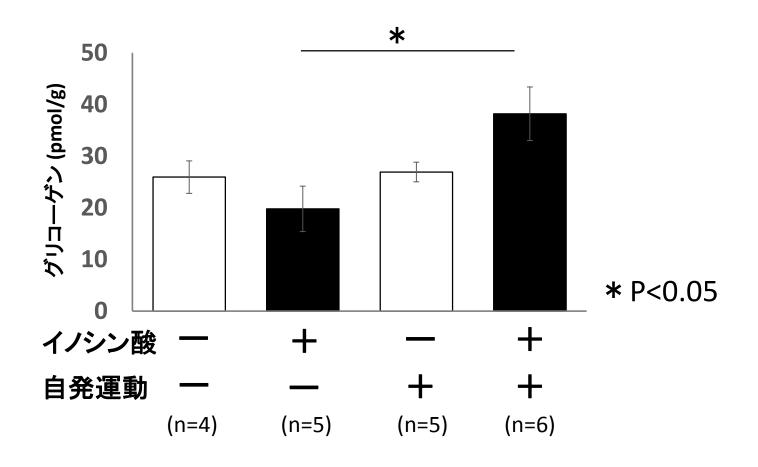


□ 自発運動マウスの走行距離 9.21±1.85 km/day



マウス足底筋におけるグリコーゲン量

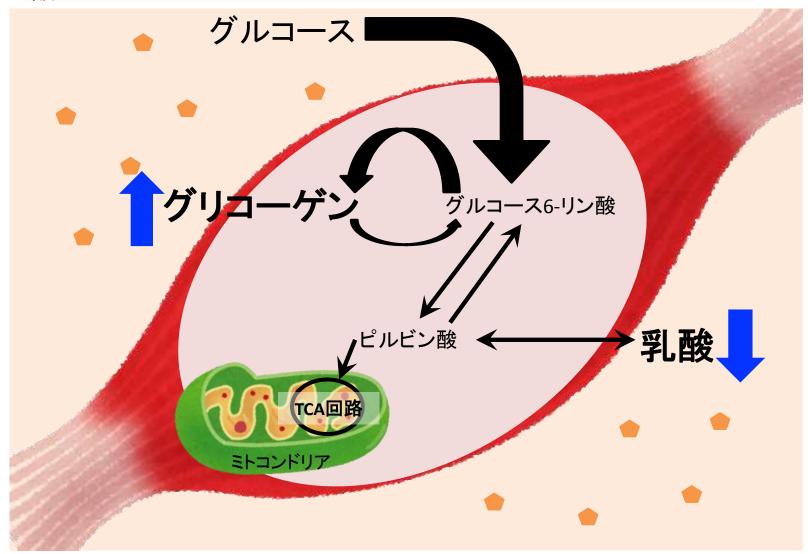




骨格筋におけるグリコーゲンの合成



● イノシン酸





- 1. 培養細胞(C2C12細胞)におけるイノシン酸の影響
- 2. マウスにおける骨格筋内グリコーゲン量の検討

3.イノシン酸によるC2C12細胞の ミトコンドリア機能への影響

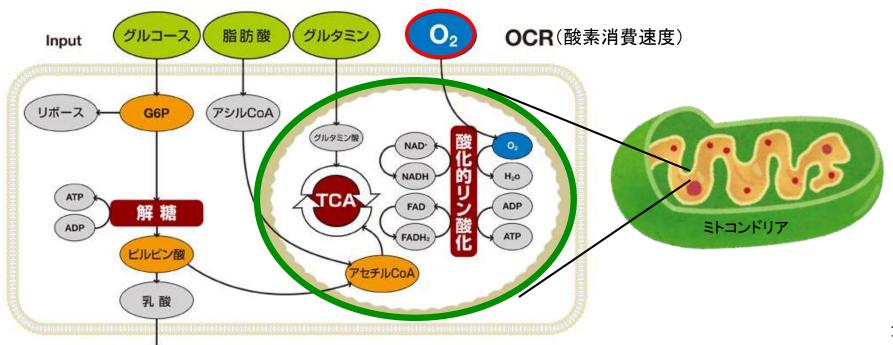
ミトコンドリア機能とは



細胞内の発電所(powerhouse)として多くのエネルギーを産生している



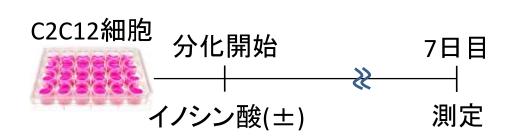
酸素の消費速度が上がる



18

ミトコンドリア機能の評価方法

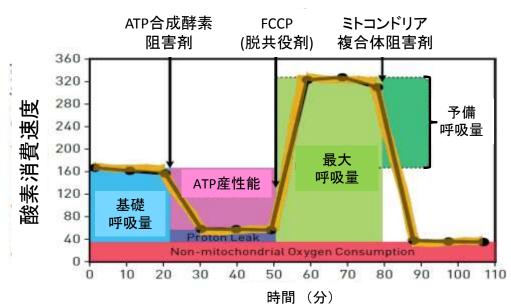






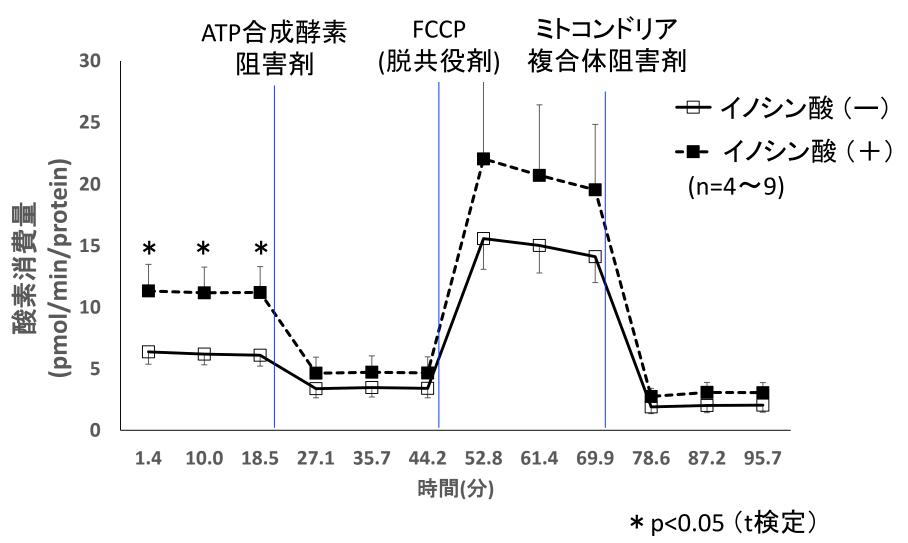
細胞外フラックスアナライザー

細胞外ミトストレステストプロファイル



結果5-1. ミトコンドリア機能

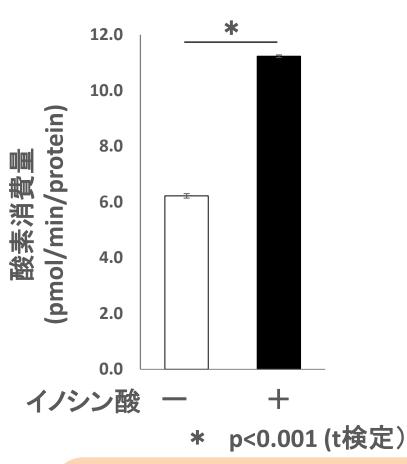




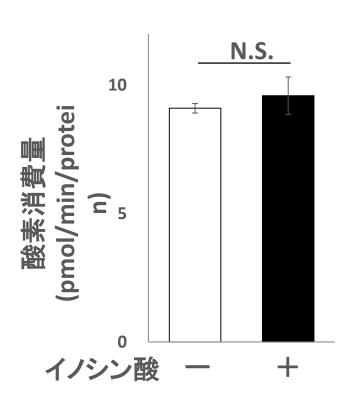
結果5-2. ミトコンドリア機能







予備呼吸量



基礎呼吸量はイノシン酸添加によって増加 ■ 質の向上?数の増加?

まとめ・新技術の特徴



イノシン酸の添加または腹腔内投与によってグリコーゲン量は、

- 1. C2C12細胞内のグリコーゲン量は**有意に増加**した。
- 2. マウス足底筋におけるグリコーゲン量は有意に増加した。
- 3. C2C12細胞のミトコンドリアの基礎呼吸量は有意に増加した。

生体内のグリコーゲン貯蔵量は、アスリートの持久的パフォーマンスを決定する要因の一つである。これまで、一過性の運動後に高糖質食を摂取する方法が一般的であった。

今回、イノシン酸を併用して摂取することで、グリコーゲンの貯蔵量をさらに高めることが明らかとなった。

実用化に向けた課題



- □ C2C12細胞を用いた実験系
 - ✓ イノシン酸添加による細胞内グリコーゲンが増加する メカニズムの解明
- ロ マウスを用いた実験系
 - ✓ 骨格筋内グリコーゲン量が増加するメカニズムの解明
 - ✓ 高糖質食を用いた実験による骨格筋内グリコーゲン量の検証
 - ✓ イノシン酸の経口投与における検証
 - ✓ 血中イノシン酸濃度のモニタリング
- □ 臨床試験での検証
 - ✓ ヒト試験食品の開発

想定される用途・企業への期待



本技術はうま味成分であるイノシン酸を併用して摂取することでグリコーゲン量を増やしパフォーマンスの向上が期待できることである。

- □ 食品製造企業や飲料系企業において、すでに市 販されている商品の高付加価値化が可能。
- □ 実用化に向けた課題のうち、特にヒトへの応用については試験食品の開発などにおいて共同研究を希望。

本技術に関する知的財産権・お問い合わせ先

(発明の名称)



イノシン酸を有効成分としたグリコーゲン 蓄積促進用組成物

出願番号:2017-106080

出 願 人:学校法人福岡大学

発明者:檜垣靖樹・中島志穂子・後藤里奈

(お問い合わせ先)

福岡大学 研究推進部 産学官連携センター 担当コーディネーター 芳賀 慶一郎 TEL 092-871-6631(内線2809) FAX 092-866-2308 e-mail sanchi@adm.fukuoka-u.ac.jp